

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ESCUELA DE GEOGRAFÍA

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓGRAFO EN GESTIÓN AMBIENTAL

“IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO
ESPECTRAL DE CONSTRUCCIONES DE HORMIGÓN Y
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS EN LA CABECERA CANTONAL DE
PEDERNALES MEDIANTE TÉCNICAS DE TELEDETECCIÓN Y
SIG”.

Cristian Dávalos Yerovi

Paul Morán Navarrete

DIRECTOR: Ing. Patricio Solís

Quito, 2017

DEDICATORIA

Es nuestro deseo como sencillo gesto de gratitud, dedicar esta simple Disertación de Titulación plasmada en el siguiente trabajo. En primer lugar a quienes han apoyado incondicionalmente la formación desde la cuna, nuestras madres que respectivamente contribuyeron permanentemente a lograr las metas y objetivos propuestos.

A los docentes que gracias a su esfuerzo y dedicación hoy contamos con herramientas de gran importancia para nuestro desempeño profesional ético.

AGRADECIMIENTOS

Nuestra gratitud ante todo al Todopoderoso por habernos dado la vida, las oportunidades y habernos permitido llegar al final de la carrera.

Gracias de corazón a nuestro director de disertación el Mtr. Ing. Patricio Solís, por su apoyo total, su paciencia, dedicación y motivación que sobrepasa cualquier responsabilidad como docente. Ha sido un gran privilegio contar con su guía.

Igualmente agradecer a los miembros del tribunal, Mtr. Alexandra Mena y Mtr. Galo Manrique, por su asesoría y apoyo con el proceso de titulación.

Nuestro agradecimiento especial para el Instituto Espacial Ecuatoriano, sobre todo para la persona el Ing. José Luis Rivadeneira.

Gracias a la PUCE por los conocimientos impartidos durante toda la carrera, no solo formación profesional sino humana.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE.....	IV
CAPITULO I	9
RESUMEN	9
1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	10
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.3. OBJETIVOS.....	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Especifico	12
1.4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	13
1.4.1. Antecedentes	13
1.4.2. Marco teórico	15
1.4.2.1. <i>La Geografía Teórica Cuantitativa</i>	15
1.4.2.2. <i>La Teledetección en la Geografía</i>	16
1.4.3. Marco conceptual	17
1.5. MARCO METODOLÓGICO	19
1.5.1. Recopilación de información de la zona de estudio	19
1.5.2. Verificación de la información	20
1.5.3. Análisis espectral.....	20
CAPITULO II CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y BIOFÍSICA DE LA PARROQUIA PEDERNALES	23
2.1. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA.....	23
2.1.1. Ubicación Geográfica	23
2.1.2. Población.....	23
2.1.3. Vivienda	25
2.1.4. Asentamientos humanos	27
2.1.5. Cobertura de servicios públicos	28
2.1.6. Salud.....	29
2.1.7. Educación	30
2.1.8. Grupos prioritarios de atención.....	31
2.1.9. Uso de suelo	31

2.1.10. Actividades económicas	32
2.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA	33
2.2.1. Orografía	33
2.2.2. Geología	33
2.2.3. Sistema de fallas	35
2.2.4. Clima, Precipitación y Temperatura	41
2.2.5. Hidrología	41
2.3. AMENAZAS Y VULNERABILIDADES DE LA PARROQUIA PEDERNALES	42
2.3.1. Amenaza Antrópica – tecnológica	42
2.3.2. Amenazas Naturales	43
2.3.2.1. Amenazas Geológicas	43
2.3.2.2. Otras amenazas	44
2.3.3. Vulnerabilidad	49
CAPÍTULO III RECOLECCIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	50
3.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	50
3.1.1. Análisis de encuestas	51
3.2. EDIFICACIONES COLAPSADAS A CAUSA DEL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 POR USO DE ARENA EN SU CONSTRUCCIÓN	54
CAPITULO IV. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES Y DATOS DE LABORATORIO PARA LA OBTENCIÓN DE FIRMAS ESPECTRALES	57
4.1. FIRMAS ESPECTRALES DE IMAGEN SATELITAL GAOFEN-2	57
4.1.1. Determinación de objeto de estudio	57
4.1.2. Selección de imagen satelital	58
4.1.3. Corrección geométrica y radiométrica	58
4.1.4. Tratamiento digital de la imagen	58
4.2. FIRMAS ESPECTRALES EN LABORATORIO	60
4.2.1. Análisis del comportamiento espectral de arena de mar y volcánica	60
4.2.2. Elaboración de muestras de hormigón	61
4.2.3. Medición de reflectancia de las muestras de hormigón	62
4.2.4. Determinación de firma espectral de muestras de hormigón	63
4.3. COMPARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ESPECTRAL	65
CAPITULO V ANÁLISIS ESTADÍSTICO	67
5.1. ANÁLISIS DE VARIABLES	67
5.1.1. Variable aditivo acelerante PlastoCrete	67
5.1.2. Variable Arena de Mar – Arena Volcánica	70
5.2. PRUEBAS DE HIPÓTESIS	71

5.2.1.	Construcciones ubicadas al sur de Pedernales	73
5.2.2.	Construcciones ubicadas al norte de Pedernales	74
5.2.3.	Construcciones ubicadas en el casco urbano de Pedernales	75
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES		79
ANEXOS		84
I.	Mapas	84
II.	Fotografías	88
III.	Metadato imagen GF2_PMS1_W80.1_N0.0_20160419_L1A0001535139-MSS1	89
IV.	Modelo de Encuesta	93
V.	Encuestas escaneadas	93

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Mapa de división parroquial del cantón Pedernales.....	25
Mapa 2. Mapa de formaciones geológicas de la parroquia Pedernales	36
Mapa 3. Mapa de inestabilidad litológica del cantón Pedernales.....	37
Mapa 4. Mapa de fallas cuaternarias de la parroquia de Pedernales	39
Mapa 5. Mapa de Ubicación de zonas de recolección de arena	85
Mapa 6. Mapa de ubicación de edificaciones afectadas	85
Mapa 7. Ubicación de imágenes analizadas en imagen satelital Gaofen-2.....	85

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Detalle de la estratigrafía de la terraza sobre la que se encuentra la población de Pedernales. Fuente: IG-EPN, 2016.....	34
Imagen 2. Mapa para Diseño Sísmico. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011. Tomado de la NEC 2011.	38
Imagen 3. Zona Urbana de Pedernales, con los tipos de suelo según la NEC-15 basados en valores de resonancia.....	40
Imagen 4. Intensidades sísmicas esperadas en el país. [Min. Energía & OEA- ±EPN. 1992]	44
Imagen 5. Mapa de riesgos de Tsunami de la costa ecuatoriana, en función de la geomorfología y factores modificadores de la vulnerabilidad.	46
Imagen 6. Mapa preliminar de zonas de amenazas por inundaciones del cantón Pedernales provincia de Manabí.....	47
Imagen 7. Mapa preliminar de zonas de amenazas por movimientos en masa del cantón Pedernales provincia de Manabí.....	48
Imagen 8. Ubicación de los lugares de recolección de arena para la elaboración de ensayos de laboratorio.	53
Imagen 9. Fotografía de la ubicación de las edificaciones analizadas en el estudio.	55
Imagen 10. Fotografía de la ubicación de las edificaciones analizadas en el estudio	55
Imagen 11. Determinación de respuesta espectral de muestras de arena de mar y volcánica	60
Imagen 12. Muestra de hormigón.....	62
Imagen 13. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)	62
Imagen 14. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)	63
Imagen 15. Armado del espectroradiómetro.....	88
Imagen 16. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)	88
Imagen 17. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)	88

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipo de Vivienda en el cantón Pedernales.....	25
Tabla 2. Material del Techo o cubierta de Pedernales.	26
Tabla 3. Material del Techo o cubierta de / Estado del Techo en la parroquia Pedernales.	26
Tabla 4. Procedencia del agua recibida en la parroquia Pedernales.....	28
Tabla 5. Procedencia de luz eléctrica en la parroquia Pedernales.	29
Tabla 6. Ramas de Actividades Económicas del cantón Pedernales	31
Tabla 7. Ramas de Actividades Económicas del cantón Pedernales	32
Tabla 8. Ferreterías encuestadas en la parroquia Pedernales.	51
Tabla 9. Marcas de cemento más utilizadas	51
Tabla 10. Promedio de quintales de cemento vendidos al mes.	52
Tabla 11. Aditivos más vendidos	52

Tabla 12. Construcciones colapsadas por el sismo del 16 de Abril del 2016, que se conoce fueron construidas con arena de mar.	54
Tabla 13. Comportamiento espectral (radiancia W/m^2 sr μm) de construcciones colapsadas en imagen GF2.....	59
Tabla 14. Muestras de laboratorio	61
Tabla 15. Radiancia (W/m^2 sr μm) de todas las muestras de laboratorio según las bandas del sensor PMS1.	63
Tabla 16. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de laboratorio con arena de mar según las bandas del sensor PMS1.....	64
Tabla 17. Promedio de los valores de radiancia (W/m^2 sr μm) del hormigón elaborado con arena de mar en el laboratorio	66
Tabla 18. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón con aditivo según las bandas del sensor PMS1.	68
Tabla 19. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón sin aditivo según las bandas del sensor PMS1.	68
Tabla 20. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón de arena de mar con aditivo, según las bandas del sensor PMS1.	68
Tabla 21. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón con arena de mar sin aditivo, según las bandas del sensor PMS1	69
Tabla 22. Radiancia (W/m^2 sr nm) de muestras de hormigón con arena volcánica y aditivo, según las bandas del sensor PMS1	69
Tabla 23. Radiancia (W/m^2 sr nm) de muestras de hormigón con arena volcánica sin aditivo, según las bandas del sensor PMS1	69
Tabla 24. Radiancia (W/m^2 sr nm) de muestras de hormigón con arena de mar según las bandas del sensor PMS1	70
Tabla 25. Radiancia (W/m^2 sr nm) de muestras de hormigón con arena volcánica según las bandas del sensor PMS1.....	70
Tabla 26. Análisis comparativo entre radiancia (W/m^2 sr μm) de muestras con arena de mar y muestras con arena volcánica.	71
Tabla 27. Prueba de hipótesis zona sur del casco urbano de Pedernales.....	74
Tabla 28. Prueba de hipótesis zona norte del casco urbano de Pedernales.	75
Tabla 29. Prueba de hipótesis del casco urbano de Pedernales.	76

CAPITULO I

RESUMEN

La presente disertación de grado, es de tipo teórico práctico que busca un análisis de radiancia de superficies de hormigón elaborado con arena de mar, para determinar una firma espectral para este tipo de superficie. En la primera parte, se realiza una caracterización socioeconómica y física de la parroquia Pedernales, estableciendo que existen factores propios del territorio que aumentan la vulnerabilidad ante amenazas de tipo sísmico. A continuación, se procesa la información de encuestas, identificando los tipos de materiales de construcción en la zona y posteriormente, con la información obtenida se procede a la elaboración de ensayos de hormigón.

En lo que se refiere a la captura de información espectral de los ensayos, esta se obtiene a partir del espectroradiómetro FildSpect 4, mientras que el insumo a utilizar para el procesamiento de imágenes satelitales es una imagen de satélite Gaofen-2, sobre la cual se identifica las respuestas espectrales de los puntos GPS obtenidos en campo, previamente identificados como construcciones colapsadas por el uso de arena de mar. Por su parte, el tratamiento matemático-estadístico se realizó mediante el software Microsoft EXCEL.

En cuanto a las pruebas de hipótesis ejecutadas se concluye que con un nivel de confianza del 99%, en la banda 1, que la media de las muestras ubicadas en el casco urbano de Pedernales, tomadas en la imagen Gaofen-2, NO es diferente a la media determinada en las muestras de laboratorio, por lo que se establece la factibilidad de determinar el comportamiento espectral de las construcciones de hormigón en función a la presencia de arena de mar.

Finalmente por medio del presenta disertación se encontró firmas espectrales de losas de hormigón que utilizaron arena de mar en su construcción.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. JUSTIFICACIÓN

El Ecuador está ubicado en el puesto número 5 en el ranking mundial de puntos calientes de desastres (UNISDR, s.f.), es decir que está expuesto continuamente a amenazas de tipo geológico e hidrometeorológico, las cuales ocasionan impactos sobre el paisaje, recursos naturales, infraestructura, sociales, económicos y a la salud de las sociedades humanas (PNUMA, 2008).

Por su parte, si se compara el impacto de los desastres en la historia del país, entre los eventos de origen natural, los terremotos han tenido las consecuencias más graves, sobre todo en lo que se refiere al número de víctimas (D'Ercole & Trujillo, 2003).

Esta situación se debe en su mayoría al alto grado de vulnerabilidad de la población frente a desastres de origen sísmico, y la presencia de elementos expuestos, como estructuras y edificaciones, por lo que existe un riesgo continuo frente a esta amenaza.

Si bien, en la actualidad no existen métodos de prevención de terremotos, el conocimiento de la sismicidad del territorio es necesario para la elaboración de planes de mitigación, preparación y respuesta; así como para la elaboración de códigos de construcción para la edificación de construcciones resistentes a los movimientos telúricos (Rivadeneira, y otros, 2007).

Sobre este particular, el sismo del 16 de Abril del 2016 en Pedernales, exteriorizó problemáticas de informalidad en las construcciones en el territorio ecuatoriano, siendo evidente la necesidad de contar con instrumentos que permitan identificar fallencias en el desarrollo urbanístico de las ciudades del país.

Ante la situación planteada, se propone la teledetección como herramienta para el control de edificaciones, mediante la identificación de uso de materiales inadecuados en su construcción (arena de mar), y de esta forma reducir el riesgo sísmico mediante el aumento de las capacidades de control por parte de la autoridad competente.

En efecto, las aplicaciones de la teledetección se extienden a través de una gran variedad de disciplinas en las que su objeto de estudio es la variable espacial, donde por medio de sensores remotos se recolectan datos de longitud de onda del espectro

electromagnético de cada cuerpo, identificando de sus propiedades de reflectancia, emitancia y transmitancia (Pérez & Muñoz, 2009).

Es así que, para el presente estudio, el uso de imágenes satelitales supondría la base sobre la cual se espera encontrar patrones de firmas espectrales de cuerpos de hormigón que hubiesen utilizado arena de mar en su construcción. Por lo dicho, resulta necesario el desarrollo de este estudio, que apoye a la disminución de elementos expuestos ante la amenaza sísmica.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Ecuador se encuentra ubicado geográficamente en una de las zonas sísmicas más activas del mundo, debido la interacción entre la Placa Sudamericana y la Placa de Nazca, las cuales, forman una zona de subducción frente a las costas ecuatorianas y varias zonas tectónicamente activas al interior del territorio (Rivadeneira, y otros, 2007), convirtiendo al país en un espacio especialmente susceptible a la ocurrencia de fenómenos geológicos.

El catálogo de sismicidad histórica del Ecuador registra que desde 1541, se han producido 37 terremotos de intensidad igual o mayor a VIII MM (Mercalli Modificada) (Rivadeneira, y otros, 2007) y 987 observaciones de efectos físicos de daño de edificaciones y en el terreno (Chunga, y otros, s.f.) (Egred, 1975).

Espacialmente, estudios de D'Ercole y Trujillo (2003) indican que la zona central de la Sierra, la Sierra norte y las zonas costeras de las provincias de Esmeraldas y Manabí, han sufrido las mayores pérdidas por terremotos durante los últimos 4 siglos en el Ecuador.

En particular, en la region Litoral se han registrado los sismos de magnitud más significativa, producto de la liberación de energía en la zona de subduccion (Rivadeneira, y otros, 2007). Es así que, el sismo de mayor magnitud registradado en el Ecuador ocurrió en Esmeraldas en 1906 de 8.8 Mw, otro ejemplo es el terremoto de Bahía de Caráquez de Mw 7.1 en 1998, y más recientemente el terremoto de Pedernales del 16 de Abril del 2016 tuvo una intensidad de Mw 7.8 (Correa, Hinojosa, & Taipei, 2004).

Este último, que alcanzó una valoracion de VIII (grave) en la Escala Modificada de Mercalli (IRIS, s.f.), generó graves pérdidas materiales y humanas. Según la Evaluación de Costos de Reconstrucción del Sismo de Pedernales, más de 4879 personas resultaron heridas, 663 fallecidas, al menos 370 edificios fueron destruidos y 177 construcciones

afectadas, de tal forma existió un total de 80 000 personas desplazadas de sus viviendas a causa del terremoto (SENPLADES, 2016).

Es evidente entonces, que el sismo del 16 de abril del 2016 denotó varias problemáticas en el territorio ecuatoriano; entre ellas, la existencia de falencias en la construcción.

De acuerdo con la información obtenida sobre las afectaciones en los días posteriores al sismo, se pudo identificar que algunos cantones de las provincias de Manabí, Esmeraldas y Santo Domingo fueron considerablemente más afectados. Esto debido a la presencia de factores de vulnerabilidad como la proliferación y desarrollo de edificaciones informales, sin mantenimiento y/o con estándares de construcción deficientes o inadecuados para zonas altamente sísmicas, que se levantan sin mayores consideraciones respecto del tipo de suelo sobre el que se asientan. (SENPLADES, 2016, p.6)

En particular, en la parroquia Pedernales se evidenció una mayor afectación en las construcciones, donde estudios post terremoto determinaron que existieron serias falencias debido a la ausencia de diseños sísmicos adecuados y a la falta de control de la calidad de los materiales (BBC MUNDO, 2016).

Resulta oportuno mencionar que estudios en la zona determinaron el uso de arena de mar en el diseño del hormigón, lo cual debilita la estructura de hierro (SENPLADES, 2016); así como también la alta presencia de sales y de materia orgánica presente en la arena de mar, retarda los procesos de hidratación del cemento, afectando a la resistencia del hormigón (Gutiérrez, 2013).

En base a la problemática citada, es necesario definir ¿Es factible determinar el comportamiento espectral de las construcciones de hormigón en función a la presencia de arena de mar?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Identificar y analizar el comportamiento espectral de construcciones de hormigón y características físicas de la cabecera cantonal de Pedernales mediante técnicas de teledetección y SIG.

1.3.2. Especifico

- Realizar una caracterización biofísica y socioeconómica de la parroquia Pedernales.

- Recolectar y procesar información sobre los materiales de construcción para edificaciones utilizados en la zona de estudio a través de encuestas, e información sobre las construcciones colapsadas a causas del sismo del 16 de Abril del 2016.
- Procesar e interpretar imágenes satelitales y datos de muestras de laboratorio para la obtención de firmas espectrales.
- Probar estadísticamente los resultados obtenidos.

1.4. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.4.1. Antecedentes

La Teledetección en el Ecuador, tiene sus inicios en los años 60s, donde desde 1957 hasta 1980, la estación Cotopaxi fue parte de la red de seguimiento de satélites operados por la NASA, actividad que se detuvo debido a la operación de la constelación de satélites NAVSTAR.

En 1977 se creó el Centro de Levantamiento Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, CLIRSEN, como organismo cuyo objetivo fundamental era el establecer el inventario de recursos naturales a nivel nacional y generar información que permita un adecuado uso, manejo y conservación de los mismos.

El Ecuador con la creación del ex CLIRSEN (actualmente Instituto Espacial Ecuatoriano) comenzó a generar información a partir de sensores remotos. Luego en 1987, se instalan equipos de recepción, grabación y procesamiento de datos transmitidos por los satélites LANDSAT TM (USA), SPOT HRV (Francia), ERS (Agencia Espacial Europea) e IRS 1C-1D (India). Gracias a la operación de estas tecnologías se pudo obtener imágenes satelitales, ópticas y de RADAR, del área de cobertura de la antena. Además, a partir de estos sistemas se contó con recepción directa de datos para los satélites SEASTAR, NOAA y MODIS, para distintas aplicaciones oceanográficas y meteorológicas.

Desde el 2012 y hasta la actualidad el Instituto Espacial Ecuatoriano asume la administración de la Estación Cotopaxi, donde funciona el Centro de Operaciones Espaciales, con el fin de re-potenciar las capacidad técnicas y tecnológicas, generar datos e imágenes satelitales multipropósito obtenidas por sensores remotos, esta información sirve tanto al sector de Defensa como para el Desarrollo Nacional, siendo insumos útiles para el

ordenamiento y planificación territorial, determinar la degradación ambiental, deforestación, cambio climático y en la elaboración de planes militares de defensa interna y externa. (IEE, 2016).

Entre las aplicaciones que se esperan del IEE tenemos para los siguientes ámbitos:

Seguridad:

- Detección y control de suelo: minería ilegal, deforestación.
- Apoyo al control del narcotráfico: pistas clandestinas, campamentos, etc,
- Detección de cultivos ilícitos.
- Pasos ilegales.

Defensa:

- Monitoreo, detección e identificación de blancos.
- Monitoreo, detección e identificación de instalaciones.
- Evaluación de daños en el blanco.
- Cartografía temática militar.
- Modelos digitales de terreno.

Desarrollo, Acciones del Estado:

- Planificación y Gestión del Estado: Generación de geoinformación, ordenamiento territorial.
- Recursos naturales: Estudio de dinámica de bosques, cobertura y uso de la tierra, inventario de recursos naturales y costeros, erosión – movimientos en masa, especies invasoras, estudio de cuencas hidrográficas, minería.
- Agricultura: agricultura de precisión, sistemas de producción, productividad, zonificación de cultivos, plagas de cultivos.
- Ambiente: desastres naturales, contaminación por hidrocarburos, impactos ambientales, incendios.
- Aspectos Sociales, Salud: Dinámica de enfermedades, infraestructura. (IEE, 2016).

Entre los aspectos concretos que se trabajan en el Ecuador, tenemos el caso de varias tesis aplicadas como el Desarrollo de un sistema de consulta de firmas espectrales del maíz

duro, papa y arroz, realizado en la Facultad de Ingeniería en Sistemas de la EPN en 2015. También existen estudios en cuanto a incendios forestales con métodos de cartografía a partir de imágenes satelitales en 2015. Muchos otros estudios en temáticas ambientales como son del tipo multitemporal como el Estudio de la cobertura vegetal y uso del suelo del Nor-Oriente del Ecuador en los años 1990-2008 realizado por ONG's. Otros estudios más específicos como determinación de firmas espectrales para especies vegetales como *Gynoxy ssp*, en el bosque de ceja andina de Achupallas.

En lo que respecta al uso de teledetección para determinación de firmas espectrales de hormigón, no existe en el país este tipo de aplicaciones, por lo se hace necesaria esta investigación.

1.4.2. Marco teórico

1.4.2.1. La Geografía Teórica Cuantitativa

El campo de trabajo de la teledetección se encuentra inmerso dentro de la Geografía Teórica Cuantitativa, la misma que parte de la observación empírica como vía para identificar patrones de regularidad o frecuencia (Claudia Baxendale, et al, 2015). Esta rama de la Geografía tiene fundamentos del Positivismo Geográfico, que admite únicamente el método experimental y real (García, s.f.).

La Geografía Cuantitativa se desarrolla a mediados del siglo XX, como un nuevo paradigma del pensamiento geográfico que busca establecer las leyes que rigen las pautas de distribución espacial (Claudia Baxendale, et al, 2015), y debido a su capacidad pragmática, fue denominada como Nueva Geografía, Geografía Neopositivista y Geografía Teórica.

De tal forma, la Geografía Cuantitativa utiliza herramientas que apoyan el proceso de toma de decisiones en materia territorial, permitiendo encontrar soluciones reales a través de procedimientos que utilizan instrumentos como GPS, Teledetección, Cartografía digital y SIG, abriendo un camino a mayores posibilidades para el manejo y análisis de información espacial.

1.4.2.2. La Teledetección en la Geografía

La Teledetección tiene sus orígenes en el área militar, siendo desde 1972 aplicado por la sociedad civil, y desde entonces, varias compañías privadas han desarrollado sensores y los han puesto en órbita (UNED, s.f.).

El principio de la percepción remota radica en la adquisición de imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales. Un sistema de percepción remota consiste en la interacción entre una fuente de energía, cubierta terrestre, sensor, y la atmósfera, que proporcionan información de longitud de onda del espectro electromagnético en valores digitales, los cuales son representados por un pixel (Chuvieco, 1995), y que a través de procedimientos de corrección y restitución, posibilitan el estudio de objetos en la superficie terrestre.

De lo dicho, se desprende que en los últimos años la teledetección ha sido utilizada como herramienta para el estudio del medio físico, razón por lo que la principal disciplina asociada con esta ciencia es la Geografía.

Vila Valenti (1974) estipula que la ventaja de la información que proporciona la teledetección para el análisis geográfico se encuentra en la riqueza de detalles, características macro-espaciales y captación del dinamismo. Sobre este particular, se puede agregar que la teledetección amplía el campo de estudio de la geografía, al permitir la posibilidad de visualizar fenómenos y comportamientos en el espacio, que no podrían ser analizados a simple vista.

A la riqueza de detalles debemos añadir la posibilidad de obtener información que se escapa de nuestros sentidos. Nos referimos a la obtenida en el IR térmico, en el campo de las microondas o en otras bandas del espectro distintas a la visible. Por ejemplo, los sensores de microondas ya sean activos (radares) o pasivos (radiómetros) abren unas posibilidades insospechadas a la investigación geográfica tales como: estudio de procesos erosivos; detección de rasgos estructurales de regiones de gran densidad forestal; rugosidad de la superficie terrestre o estudio del subsuelo cubierto por capas de arena de algunos metros. En muchos casos la información espectral que recibe el sensor, nos permite conocer aspectos inéditos del espacio físico que pasarían desapercibidos para los sistemas convencionales de observación (sentidos o fotografía). (Núñez de las Cuevas, 1986, p132)

De la de la misma forma, Chuvieco (1995) indica que la teledetección aporta al estudio del espacio con una visión panorámica, cobertura global y periódica de la superficie

terrestre homogeneidad en la toma de datos, información sobre regiones no visibles del espectro y un formato digital que agiliza su tratamiento.

Por lo visto, es evidente que la Teledetección es una herramienta necesaria para analizar el espacio, reduciendo costo y tiempo.

1.4.3. Marco conceptual

Para una visión clara del texto, es necesaria una conceptualización de los términos a ser utilizados.

Aditivos de la construcción:

“Producto incorporado en el momento del amasado del hormigón en una cantidad no mayor del 5% en masa, con relación al contenido de cemento en el hormigón, con objetivo de modificar las propiedades de la mezcla en estado fresco y/o endurecido”. (ANFAH, s.f.)

Amenaza:

“Fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.” (UNISDR, 2009)

Cemento:

“Se definen como cementos los conglomerantes hidráulicos que, convenientemente amasados con agua, forman pastas que fraguan y endurecen, dando lugar a productos hidratados mecánicamente resistentes y estables tanto al aire como bajo agua.” (ANTER, s.f.)

Comportamiento espectral:

“Medida cuantitativa de las propiedades espectrales de un objeto en una o varias bandas espectrales.” (Vivancos Martí, Grau Prieto, Llastarri Rezola, & Vivancos Bermejo, 2005)

Emitancia:

“Total de energía radiada en todas las direcciones desde una unidad de área y por unidad de tiempo. Se mide en vatios por metro cuadrado (W / m^2). (Chuvieco, 1995)”

Espectro electromagnético:

“Conjunto de longitudes de onda de todas las radiaciones electromagnéticas, que fluyen por un campo.” (Chuvieco, 1995)

Espectroradiómetro:

“Instrumento que mide la radiación de luz entrante, así como la reflectancia y la transmitancia en un rango espectral, es decir, permite medir la intensidad cuantitativa o absoluta en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético. La resolución espectral del modelo a utilizar es una solución efectiva y económica para el análisis de cualquier material con características espectrales amplias.” (Chuvieco, 1995)

Firma espectral:

“Comportamiento distintivo de cada tipo de material es aprovechado en procesos de clasificación de imágenes.” (Pérez & Muñoz, 2009)

Hormigón:

“Mezcla de cemento, piedras de diferentes tamaños (áridos) y agua.” (Chuvieco, 1995)

Imagen de satélite:

“Consiste en un conjunto de matrices, una por cada canal del sensor, en la que aparecen números del 0 al 255, siendo 0 el valor más bajo de radiación.” (Pérez & Muñoz, 2009)

Radiancia:

“Total de energía radiada por unidad de área y por ángulo sólido de medida, su simbología es L .” (Chuvieco, 1995)

Reflectividad:

“Relación entre el flujo incidente y el reflejado por una superficie, cuyo símbolo es p .” (Chuvieco, 1995)

Resolución espacial:

“Designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen, se mide en unidades de longitud (mm sobre la foto, o m sobre terreno), y depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie.” (Chuvieco, 1995)

Resolución radiométrica:

“Hace mención a la sensibilidad del sensor, esto es, a su capacidad para detectar variaciones en la radiancia espectral que recibe. Para los sistemas óptico-electrónicos, la

imagen habitualmente se presenta en formato digital, siendo el número máximo de niveles digitales de la imagen la resolución radiométrica del sensor.” (Chuvienco, 1995)

Sensor activo:

“Aquel que tiene la capacidad de emitir un haz energético para, posteriormente, recoger tras su reflexión sobre la superficie que se pretende observar.” (Chuvienco, 1995)

Teledetección:

“Técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales” (Chuvienco, 1995)

Vulnerabilidad:

“Las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza.” (UNISDR, 2009).

1.5. MARCO METODOLÓGICO

El presente estudio se desarrolla en la línea teórica-aplicada, siendo la fase inicial una revisión bibliográfica de documentación sobre la ciudad de Pedernales, que aportó a un diagnóstico de la situación sísmica en el territorio; y, conjuntamente con el estudio de la imagen satelital y el análisis de las muestras de hormigón elaboradas en laboratorio, se obtuvo un estudio base para la aplicabilidad de la teledetección en la evaluación y control de materiales de construcción.

1.5.1. Recopilación de información de la zona de estudio

Se utilizó información primaria y secundaria, siendo las fuentes primarias aquellas que proporcionan datos de primera mano (OMS, 2011), mientras que las secundarias consisten en compilaciones, resúmenes y listados de referencias publicadas sobre un tema (OMS, 2011).

- Información primaria

El método de levantamiento de información fue a través de encuestas, las cuales fueron de tipo abierta para asegurar una información exacta, además que no existe un número ilimitado en las opciones de respuesta. Estas se dirigieron a las ferreterías de la zona, las cuales son las encargadas del expendio de los materiales de construcción.

El objetivo de las encuestas fue el de identificar las características de construcción en la ciudad de Pedernales, tales como: principales materiales usados en construcción, tipo de materiales y lugar de procedencia del material.

- *Información secundaria*

Posteriormente, se procedió a reunir la información base a fin de definir las principales características físico-sísmicas de la zona de estudio.

En lo que respecta a la información de las edificaciones colapsadas a causa del terremoto del 16 de Abril de 2016, la Dirección de Planificación del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedernales (GAD Pedernales) proporcionó el estudio realizado post desastre.

De la misma manera, el Instituto Ecuatoriano Espacial (IEE), facilitó la imagen satelital a ser analizada; y de igual forma, para la elaboración de los ensayos de hormigón se contó con el apoyo de la institución que brinda las instalaciones y equipos para el desarrollo de la tesis.

1.5.2. Verificación de la información

A propósito de la verificación de la información obtenida, se realizó una visita de campo a las construcciones afectadas por el terremoto, tomando puntos GPS que permitan ser identificados en la imagen satelital, para de esta forma poder analizar su comportamiento espectral.

1.5.3. Análisis espectral

Para la elaboración de los ensayos (creación del bloque de hormigón según variación en mezcla, materiales, etc.), se utilizó la información proporcionada por la encuesta. Se obtuvo un total de 12 muestras de bloques cruzando todas las variables de la mezcla, como es el tipo de arena, cemento, aditivos y su composición.

En lo que se refiere a la captura de información espectral, esta se recopiló usando un espectroradiómetro FildSpect 4, el cual arroja aproximadamente 2150 valores digitales dentro de una curva, que posteriormente son analizados para determinar patrones y rangos espectrales.

Por su parte, el tratamiento matemático-estadístico se realizó mediante el software Microsoft EXCEL, los resultados obtenidos se analizaron obteniendo firmas espectrales.

Asimismo, para el procesamiento de las imágenes satelitales, se requirió de software ArcGis 10.2. El insumo utilizado fue una imagen de satélite Gaofen-2 de resolución espacial de 3.24m, sobre la cual se identificó las respuestas espectrales de los puntos GPS obtenidos en campo, previamente identificados como construcciones colapsadas por el uso de arena de mar. En la Figura 1, se describe los procesos enlistados.

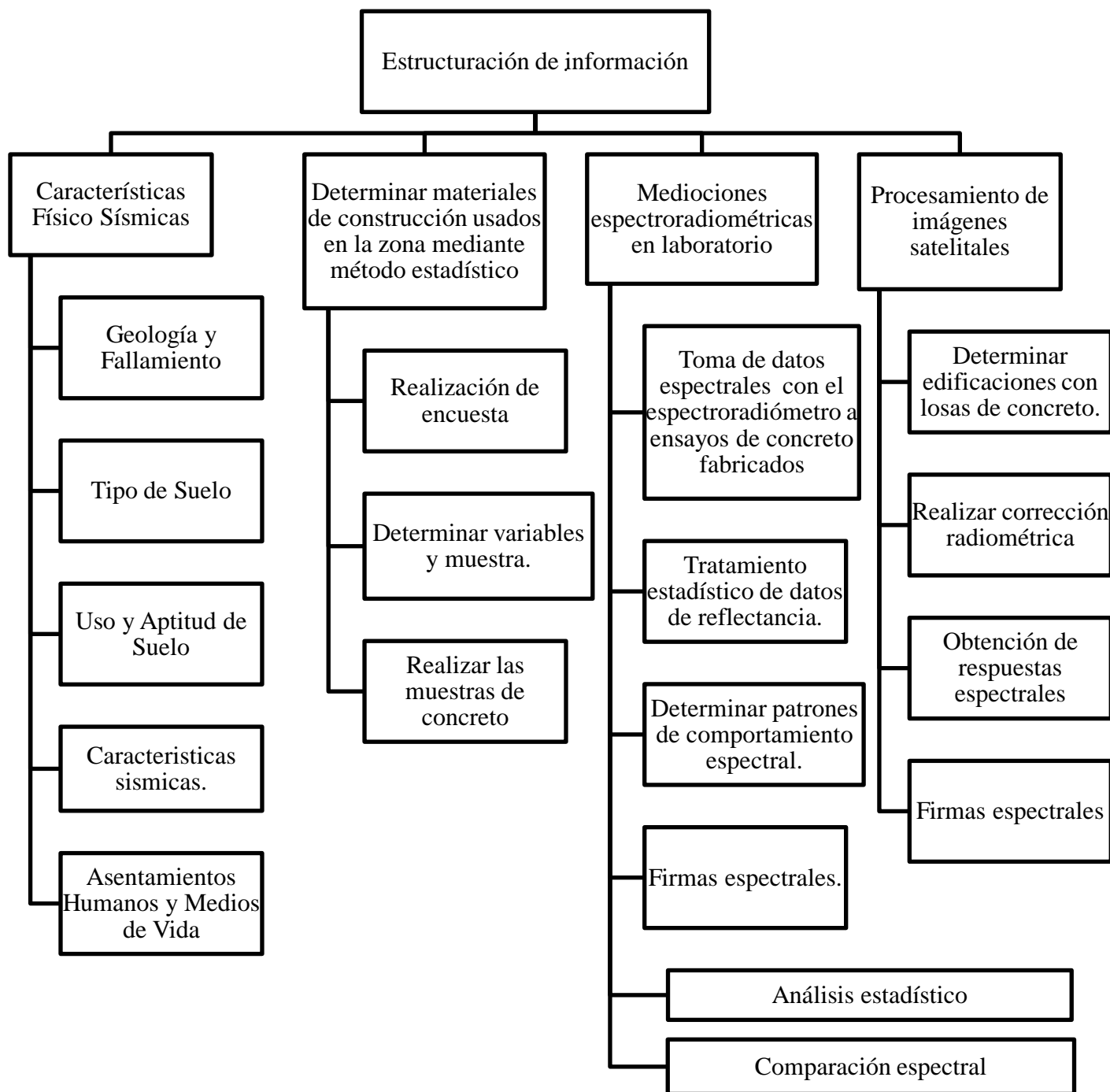


Figura 1: Diagrama de flujo metodológico.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

CAPITULO II

2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA Y BIOFÍSICA DE LA PARROQUIA PEDERNALES

La presente disertación tuvo como objeto el estudio de la parroquia Pedernales, por lo que fue necesario una caracterización de la zona como línea de base para entender la dinámica del territorio. Para lo cual, primeramente se realizó un análisis socioeconómico de la zona, enfocándose en lo concerniente a servicios básicos y vivienda; posteriormente, se detallan datos biofísicos que apoyan a la definición de las principales características físico-sísmicas de la zona de estudio, y finalmente, a partir de la información obtenida se identificó vulnerabilidades y amenazas del lugar.

2.1. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

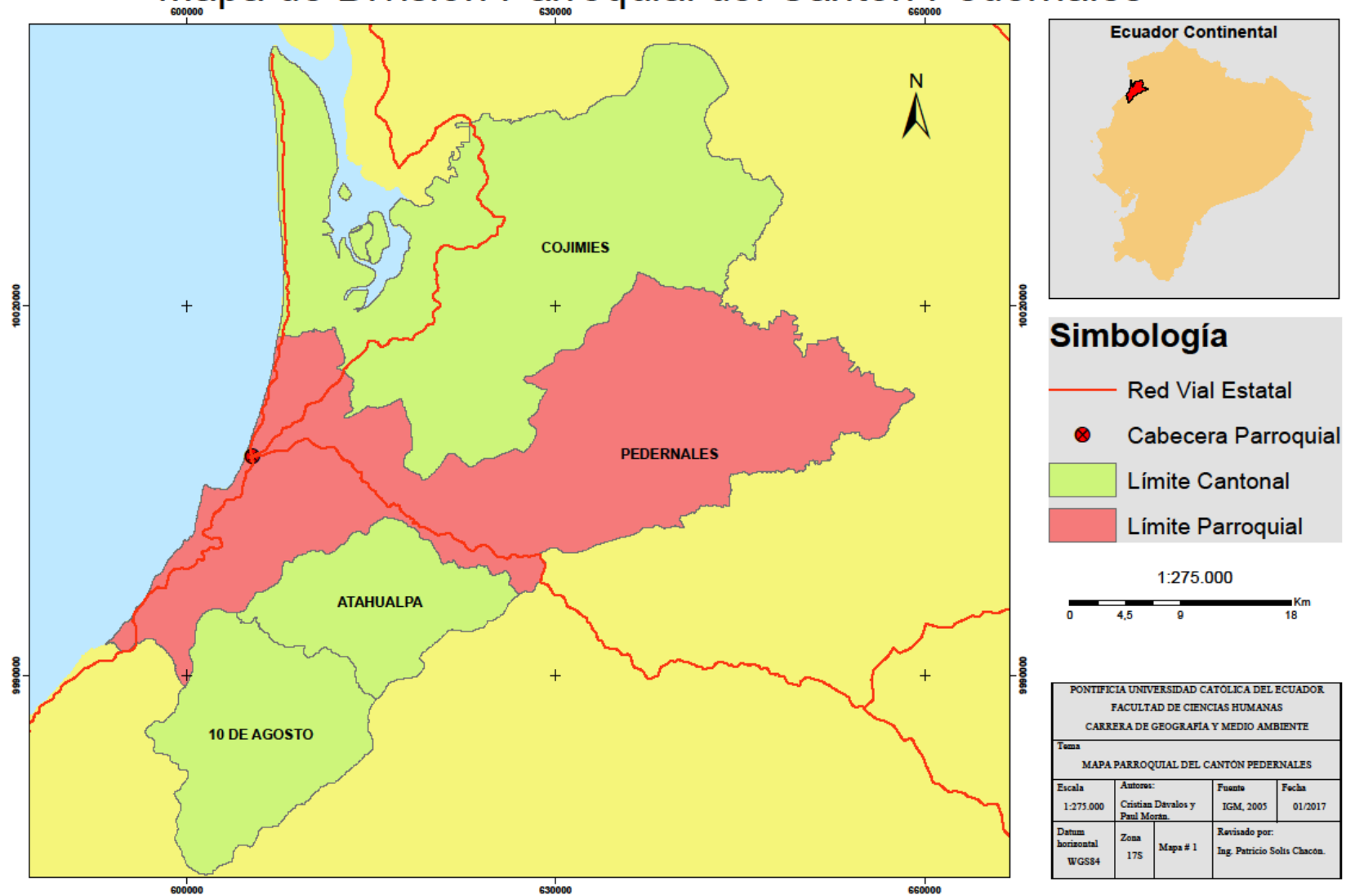
2.1.1. Ubicación Geográfica

Pedernales está ubicado en la zona noroccidental de la región costanera del Ecuador, en el noroeste de la provincia de Manabí, en el cantón del mismo nombre, cuenta con una superficie de 767.54 km², limitando al norte con la parroquia Cojimíes, al sur con las parroquias Atahualpa, Chone y Jama y al oeste con el Océano Pacífico (Mapa de división parroquial de Pedernales).

2.1.2. Población

La población total de la parroquia Pedernales según el último censo de 2010, es de 33640 habitantes, de los cuales 17189 son hombres (51.09%) y 16451 son mujeres (48.09%). La pirámide poblacional es de tipo progresiva, donde la mayor parte de la población se encuentra en la base de la pirámide, en los grupos de edad de 15 a 64 años (INEC – REDATAM, 2010). Pedernales cuenta con una densidad poblacional de 43.82hab/km².

Mapa de División Parroquial del Cantón Pedernales



2.1.3. Vivienda

En cuanto al tipo de vivienda predominante en la parroquia, como se puede observar en la Tabla 1, las construcciones de tipo Casas/Villas se ubican en primer lugar con un 65.2%, seguido por los Ranchos con 13.96%, y Departamento en casa o edificio con 6.64%.

Tabla 1. Tipo de Vivienda en el cantón Pedernales.

Tipo de vivienda	Casos	%
Casa/Villa	5,556	65.20
Departamento en casa o edificio	566	6.64
Cuarto(s) en casa de inquilinato	453	5.32
Mediagua	368	4.32
Rancho	1,190	13.96
Covacha	194	2.28
Choza	130	1.53
Otra vivienda particular	49	0.57
Hotel, pensión, residencial u hostal	12	0.14
Otros	4	0.04

Total	14,275	100.00
--------------	---------------	---------------

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Un dato importante de vivienda que compete con el tema de estudio es el tipo de material del techo o cubierta, ya que será un elemento visual importante para el análisis espectral. A continuación, en la Tabla 2, se indica información del tipo de material utilizado en las cubiertas y techos de la parroquia Pedernales.

Por lo visto, el zinc es el material predominante para la construcción de techos y cubiertas en Pedernales; siendo el hormigón el tercer material utilizado con 690 casos, es decir con el 9.37%. Cabe destacar, que en la zona urbana de estudio, la infraestructura

habitacional está conformada en un alto porcentaje por viviendas de hormigón armado (especialmente en el centro urbano), siendo las viviendas de construcción mixta edificadas en los barrios periféricos de la ciudad y las construcciones de madera en los sectores marginales (GAD Pedernales, 2014), por lo que el estudio será dirigido al casco urbano de Pedernales.

Tabla 2. Material del Techo o cubierta de Pedernales.

Material del techo o cubierta	Casos	%
Hormigón (losa, cemento)	690	9.37
Asbesto (Eternit, Eurolit)	296	4.02
Zinc	5,753	78.13
Teja	224	3.04
Palma, paja u hoja	345	4.69
Otros materiales	55	0.75
Total	7,363	100.00

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

En términos generales, en cuanto al estado de los materiales de las viviendas para la cabecera cantonal (Tabla 3), según datos estadísticos del último censo, existe un 4.49% de viviendas de hormigón (losa, cemento) en mal estado, y 31,15% en estado regular.

Tabla 3. Material del Techo o cubierta de / Estado del Techo en la parroquia Pedernales.

Material del techo o cubierta	Estado del techo			Total
	Bueno	Regular	Malo	
Hormigón (losa, cemento)	444	215	31	690
Asbesto (Eternit, Eurolit)	111	136	49	296
Zinc	1,446	3,056	1,251	5,753
Teja	54	106	64	224
Palma, paja u hoja	8	149	188	345
Otros materiales	4	16	35	55

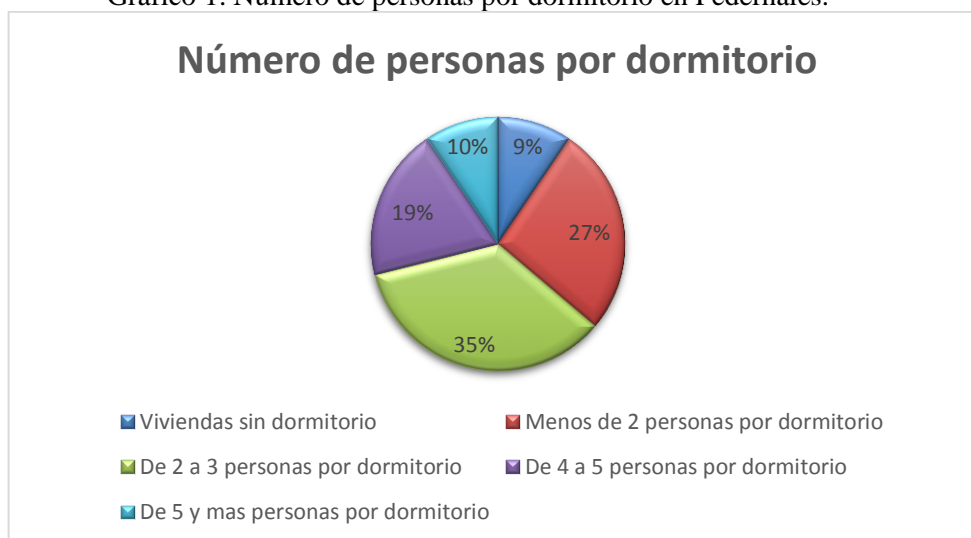
Total	2,067	3,678	1,618	7,363
--------------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010. Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

De tal forma, en la parroquia Pedernales, para la fecha del Censo 2010, existió aproximadamente un 36% de construcciones de hormigón en estado malo y regular; teniendo en cuenta que en el sismo del 16 de Abril del 2016 varias construcción de hormigón se vieron afectadas gravemente, se puede decir que al no encontrarse en perfectas condiciones fueron elementos expuestos ante la amenaza sísmica, lo que denota problemáticas en las construcciones en la zona.

Por otro lado, en cuanto al hacinamiento, en el Gráfico 1 se evidencia que en un 34.1%, la población habita en dormitorios de 2 a 3 personas, mientras que el 26.5% de la población habita en dormitorios con menos de 2 personas, y el 19.2% de la población reside con 4 a 5 personas por dormitorio, evidenciándose la existencia de un déficit de viviendas por habitantes en el territorio.

Gráfico 1. Número de personas por dormitorio en Pedernales.



Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

2.1.4. Asentamientos humanos

El 65.13%, es decir 21.910 habitantes, están ubicados en el sector urbano, mientras que hay 11.730 habitantes en el área rural (INEC – REDATAM, 2010), por lo que al ser dominante la zona urbana los centros poblados se encuentran concentrados.

Según el Diagnóstico Estratégico del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pedernales 2014, el crecimiento es expansivo y lineal, con muy bajas densidades, y sin ningún patrón de planificación, lo que suma un factor de riesgo a la capacidad de respuesta de la zona.

2.1 5. Cobertura de servicios públicos

El sistema de agua potable para la cabecera cantonal, como se observa en la Tabla 4, tiene únicamente el 31% de cobertura, mientras el resto de la parroquia recibe agua procedente de pozo, río, vertiente, acequia, canal, agua lluvia, albarrada, otros. Se observa que a pesar de ser la cabecera cantonal, menos de la mitad de la población está conectada a la red pública, por lo que se pueden esperar resultados mucho más bajos en el sector rural en cuanto a cobertura de red pública de agua potable, por lo que la población estaría expuesta a factores de riesgo biológicos como parásitos, que amenazan a la salud de la población.

Tabla 4. Procedencia del agua recibida en la parroquia Pedernales.

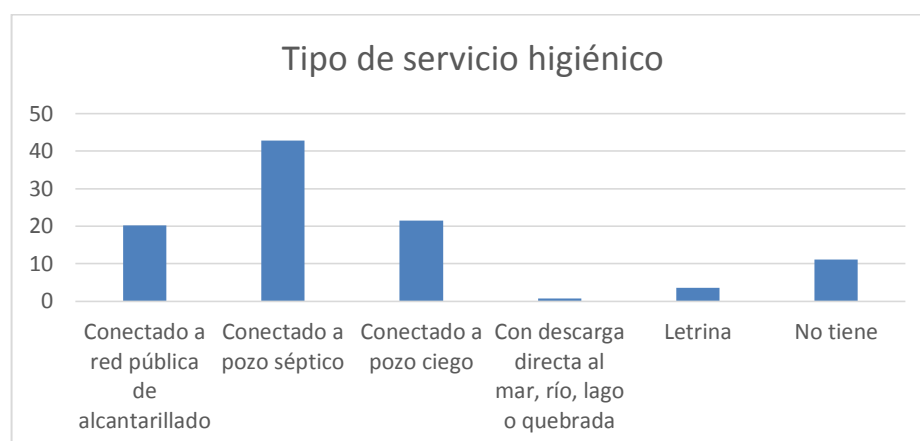
Procedencia del agua recibida	Casos	%
De red pública	2,343	31.82
De pozo	1,438	19.53
De río, vertiente, acequia o canal	1,034	14.04
De carro repartidor	2,500	33.95
Otro (Agua lluvia/albarrada)	48	0.65
Total	7,363	100.00

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

En términos de alcantarillado público (Gráfico 2), la cabecera cantonal de Pedernales, tiene únicamente el 20,15% de las viviendas conectadas a la red pública de alcantarillado, mientras que el 87,40% de viviendas vierten los desechos a pozos sépticos y a pozos ciegos, situación que deteriora las condiciones de vida de los habitantes al carecer de una vivienda digna y de un ambiente saludable.

Gráfico 2. Tipo de servicio higiénico en la parroquia Pedernales



Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Con respecto al servicio de luz eléctrica, se puede apreciar que la problemática es menor, ya que alrededor del 80% de las viviendas están conectadas a la red pública de servicio eléctrico, mientras que un 16% de las viviendas aun no cuentan con este servicio (Tabla 5).

Tabla 5. Procedencia de luz eléctrica en la parroquia Pedernales.

Procedencia de luz eléctrica	Casos	%
Red de empresa eléctrica de servicio público	5,952	80.84
Panel Solar	21	0.29
Generador de luz (Planta eléctrica)	74	1.01
Otro	111	1.51
No tiene	1,205	16.37
Total	7,363	100.00

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010. Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

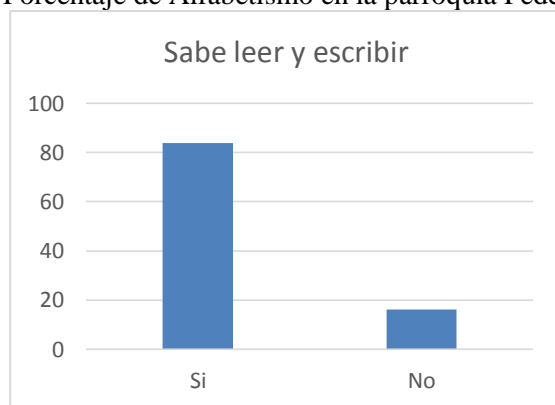
2.1.6. Salud

En lo que se refiere a salud, en Pedernales existe 1 establecimiento tipo centro de salud vigente, el cual cuenta tiene una población asignada de 34635 habitantes, de los cuales atiende a 7650, es decir a un 22.08% (GAD Pedernales, 2015), de lo que se infiere que la parroquia no cuenta con infraestructura adecuada tanto para el área urbana como rural.

2.1.7. Educación

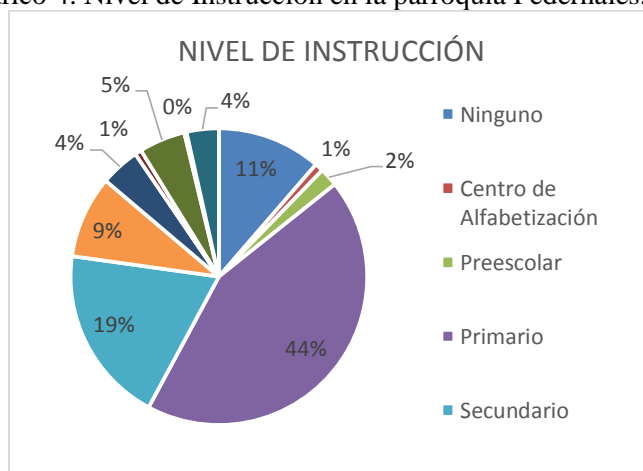
Así mismo, en cuanto a la educación en la parroquia, el porcentaje de analfabetismo (Gráfico 3) es de 17%, y el nivel de instrucción (Gráfico 4) es 43,56% de población con instrucción primaria. Además, la cobertura educativa está más presente en la zona rural con 105 establecimientos educativos en el cantón Pedernales, y 50 en la zona urbana.

Gráfico 3. Porcentaje de Alfabetismo en la parroquia Pedernales.



Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Gráfico 4. Nivel de Instrucción en la parroquia Pedernales.



Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Por lo visto, el cantón Pedernales tiene vulnerabilidades físicas en el tema de los servicios básicos, que sumadas a la pobreza y a la falta de infraestructura de educación y salud, agravan la capacidad de la población de Pedernales de soportar, asimilar y enfrentar desastres.

2.1.8. Grupos prioritarios de atención

Corresponde a este grupo las personas discapacitadas, personas en extrema pobreza, niños de 0 a 11 años, adultos mayores de 65 años en adelante y mujeres embarazadas, que por su condición requieren de atención prioritaria ante situaciones de desastre.

En el estudio se incluirá información únicamente para el grupo de personas discapacitadas, debido a la falta de información en cuanto a los otros grupos de personas para el momento de la elaboración del estudio. Así pues, en el caso de las personas discapacitadas, como se indica en la Tabla 6, del total de la población de la parroquia de Pedernales, el 5.83% se encuentra en esta condición, de los cuales el 34% corresponde a discapacidad físico-motora, el 23% a discapacidad visual, en 14% la discapacidad auditiva e intelectual y en menor porcentaje la discapacidad mental (Gráfico 5).

Tabla 6. Ramas de Actividades Económicas del cantón Pedernales

Discapacidad permanente por más de un año	Casos	%
Si	1,962	5.83
No	28,239	83.94
No responde	3,439	10.22
Total	33,640	100.00

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

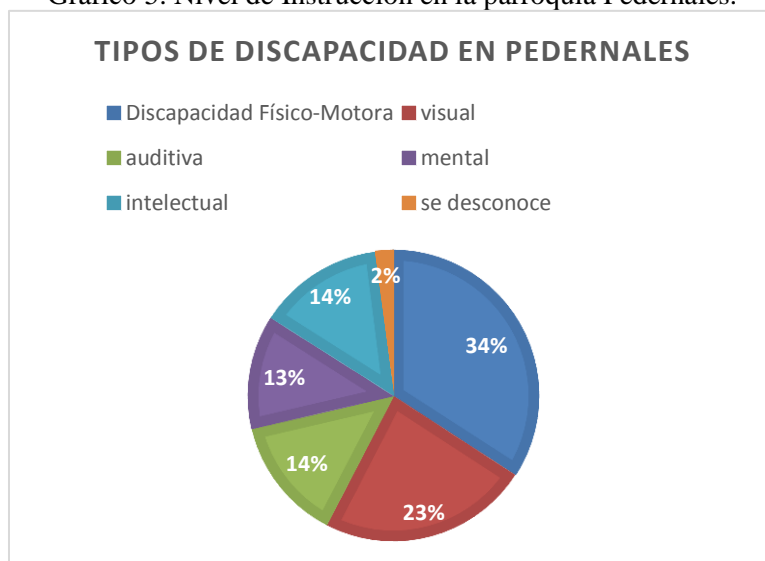
La importancia del conocimiento de los grupos prioritarios se debe a generar la capacidad de respuesta por parte de los organismos competentes para ofrecer ayuda y apoyo necesario, para atender a la población en general y en especial a estos grupos.

2.1.9. Uso de suelo

El uso de suelo en la parroquia es primordialmente rural, siendo la extensión urbana 6.6km² que representa el 0.86% del territorio de la parroquia (GAD Pedernales, 2014), de ahí que los roles y vocaciones del sector son eminentemente productivos, contando así con una superficie espacial suficiente para la producción, además de áreas disponibles para el crecimiento demográfico (GAD Pedernales, 2015).

De tal forma que, la parroquia Pedernales en su parte costanera, donde se encuentra la zona urbana consolidada, el uso de suelo predominante es de tipo urbano, sin embargo, a medida que se adentra al continente, el uso cambia a agropecuario.

Gráfico 5. Nivel de Instrucción en la parroquia Pedernales.



Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

2.1.10. Actividades económicas

En cuanto a las actividades económicas que se desarrollan en la parroquia, la actividad que predomina es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca con un 24.12% en todo el cantón. Ocupando un segundo lugar actividades dedicadas al comercio al por mayor y menor. A continuación, en la Tabla 7, se puede observar la distribución por rama de actividad en el cantón a partir de datos obtenidos en el Censo realizado en 2010.

Tabla 7. Ramas de Actividades Económicas del cantón Pedernales

Rama de actividad (Primer nivel)	Casos	%
Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	2,847	24.12
Explotación de minas y canteras	6	0.05
Industrias manufactureras	990	8.39
Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	32	0.27
Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	53	0.45
Construcción	577	4.89
Comercio al por mayor y menor	1,940	16.44
Transporte y almacenamiento	683	5.79
Actividades de alojamiento y servicio de comidas	485	4.11

Información y comunicación	61	0.52
Actividades financieras y de seguros	31	0.26
Actividades inmobiliarias	4	0.03
Actividades profesionales, científicas y técnicas	50	0.42
Actividades de servicios administrativos y de apoyo	164	1.39
Administración pública y defensa	248	2.1
Enseñanza	540	4.57
Actividades de la atención de la salud humana	77	0.65
Artes, entretenimiento y recreación	30	0.25
Otras actividades de servicios	237	2.01
Actividades de los hogares como empleadores	327	2.77
no declarado	1,719	14.56
Trabajador nuevo	703	5.96
Total	11,804	100

Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2010.
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Por lo visto, la mayoría de la población se dedica al sector primario de producción, situación que concuerda con el uso de suelos de la parroquia.

2.2. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA

2.2.1. Orografía

El cantón Pedernales está determinado primordialmente por la Reserva Ecológica Mache Chindul, siendo el punto de mayor altitud 864msnm correspondiente al Cerro Pata de Pájaro y el relieve más bajo se encuentra en la zona sur-oeste, donde se encuentra ubicada la zona urbana del cantón. (GAD Pedernales, 2014)

2.2.2. Geología

En observaciones realizadas en la zona por el Instituto Geológico de la Escuela Politécnica Nacional, la ciudad se ubica sobre una terraza que se eleva sobre el nivel del

mar entre 10 a 17 metros de altura., en cuyos afloramientos se encuentran secuencias de limos arcillosos, intercalados por niveles de ceniza, así con niveles de líticos arcillosos, sobre la cual se ha desarrollado el suelo actual.



Imagen 1. Detalle de la estratigrafía de la terraza sobre la que se encuentra la población de Pedernales. Fuente: IG-EPN, 2016.

Además, la región costera donde se ubica la parroquia Pedernales, comprende una serie de cuencas de edad Cretácica a Cenozoica, comprendida por formaciones sedimentarias que incluyen areniscas, lutitas, secuencias turbiditas, conglomerados, arcillas marinas de estuario de edades Eocénicas a Cuaternarias. Sobre este particular, según el Mapa de Inestabilidad Geológica de Pedernales, se puede observar la existencia de suelos inestables en la parroquia de Pedernales, siendo esta la que posee una mayor concentración de población.

Según Mapa de Formaciones Geológicas del cantón Pedernales, el cantón tiene las siguientes formaciones:

- Formación Onzole: De 650,54 Km²., se ubica en el territorio de la REMACH en sentido Centro – Sur, dirigiéndose hacia el Sur-Este y luego hacia el Sur, está compuesta por lutitas y limolitas, que son formaciones de roca sedimentaria de arcilla y caliza, respectivamente (GAD Pedernales, 2015).
- Formación San Mateo - Punta Blanca – Zapallo: Ubicada en la parroquia Pedernales, con una franja comprendida entre Cheve arriba, la Chorrera, Brisas del Mar, Coaque, Palmas y la parroquia 10 de agosto en el sector de Santa Rosa y la cabecera parroquial, en un área total de 102,53 Km²., está compuesta de turbiditas finas que son formaciones geológicas carbonatadas de aguas profundas (GAD Pedernales, 2015).

- Formación Cayo: está constituida por alternancia de capas decimétricas de arcillas grises, compactadas, de arcillas verdes silificadas con radiolarios, estratos de microbrechas y aglomerados de elementos de rocas volcánicas a conglomerados (Hoja Geológica Chongón).
- Formación Piñón: formado por intercalaciones de rocas volcánicas de tipo basaltos y rocas asociadas. (Hoja Geológica Chongón).

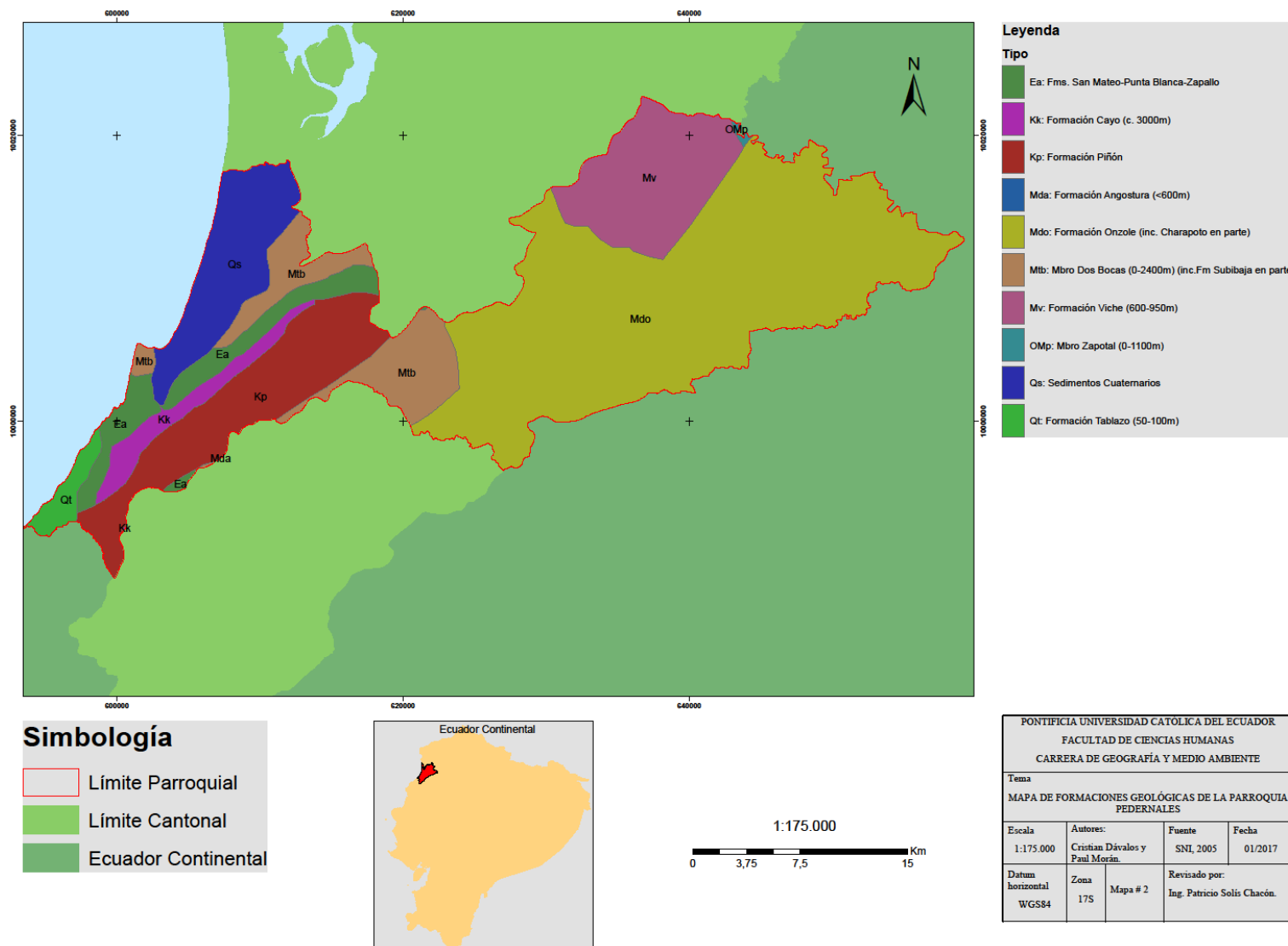
2.2.3. Sistema de fallas

Las fallas son zonas de fractura donde han ocurrido desplazamientos de un lado respecto al otro del plano o superficie de fractura. Una falla activa es aquella que sobre bases históricas, sismológicas o geológicas evidencia una alta probabilidad de ocurrir un movimiento (Vidal, 2005).

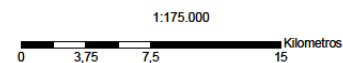
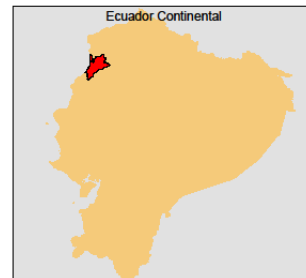
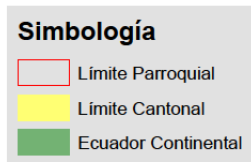
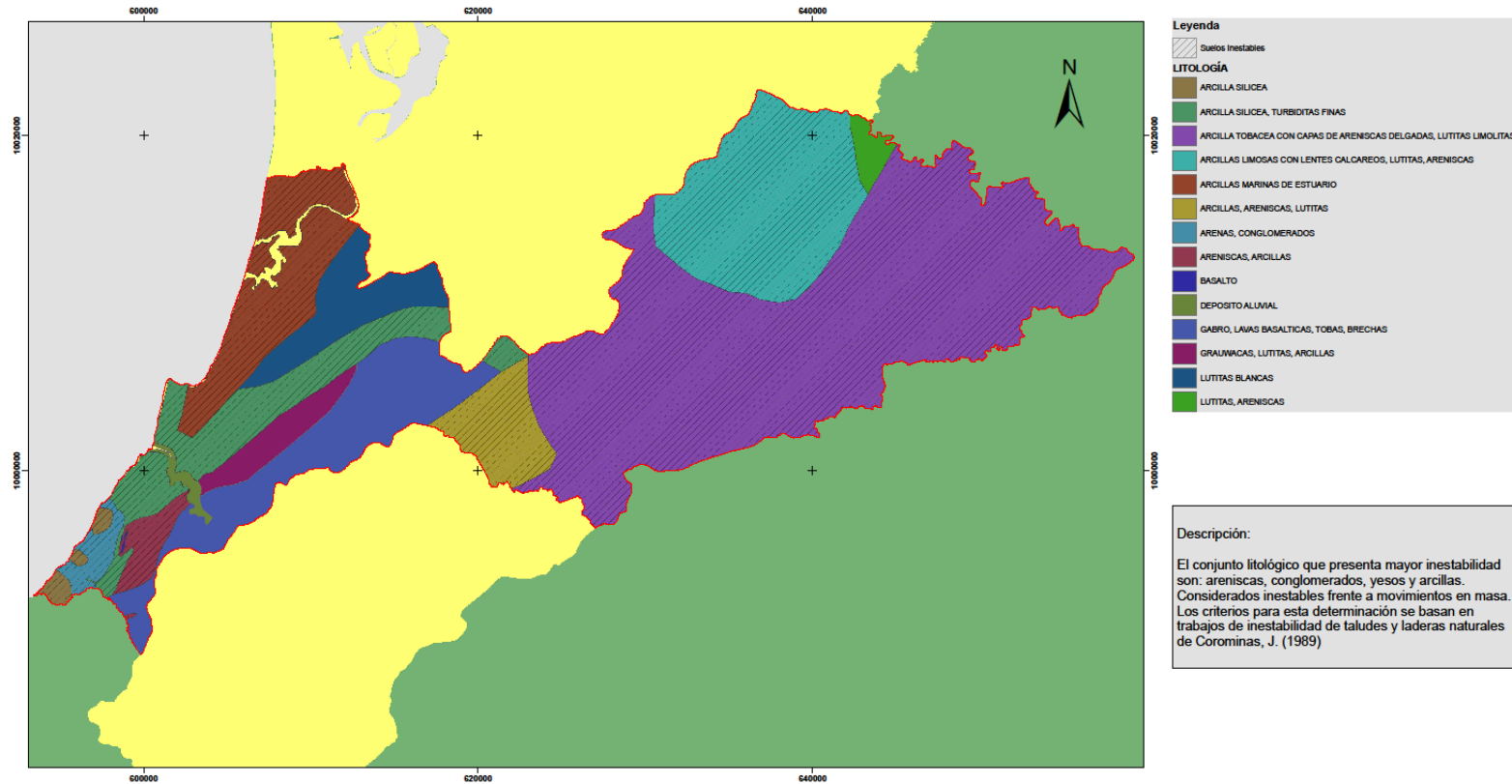
Todo el territorio ecuatoriano está catalogado como amenaza sísmica alta, mientras que el litoral ecuatoriano, presenta una amenaza sísmica muy alta. La región se encuentra dividida en varias zonas de fallas, de las cuales la costa norte, lugar donde se encuentra la parroquia Pedernales, está separada por un sistema de fallas inversas y dextrales (Mapa de fallas del cantón Pedernales), cuyas tasas de movimientos son desconocidas o inferiores a 1mm/yr.

Como se mencionó anteriormente, la zona costera ha sido históricamente impactada por sismos de alta magnitud, es así que, la Norma Ecuatoriana de la Construcción, para los edificios de uso normal, establece la Zonificación sísmica y factor de zona Z del Ecuador (Mapa 8), que representa las zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona Z que es la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño, expresada como fracción de la aceleración de la gravedad.

Mapa de Formaciones Geológicas de Parroquia Pedernales



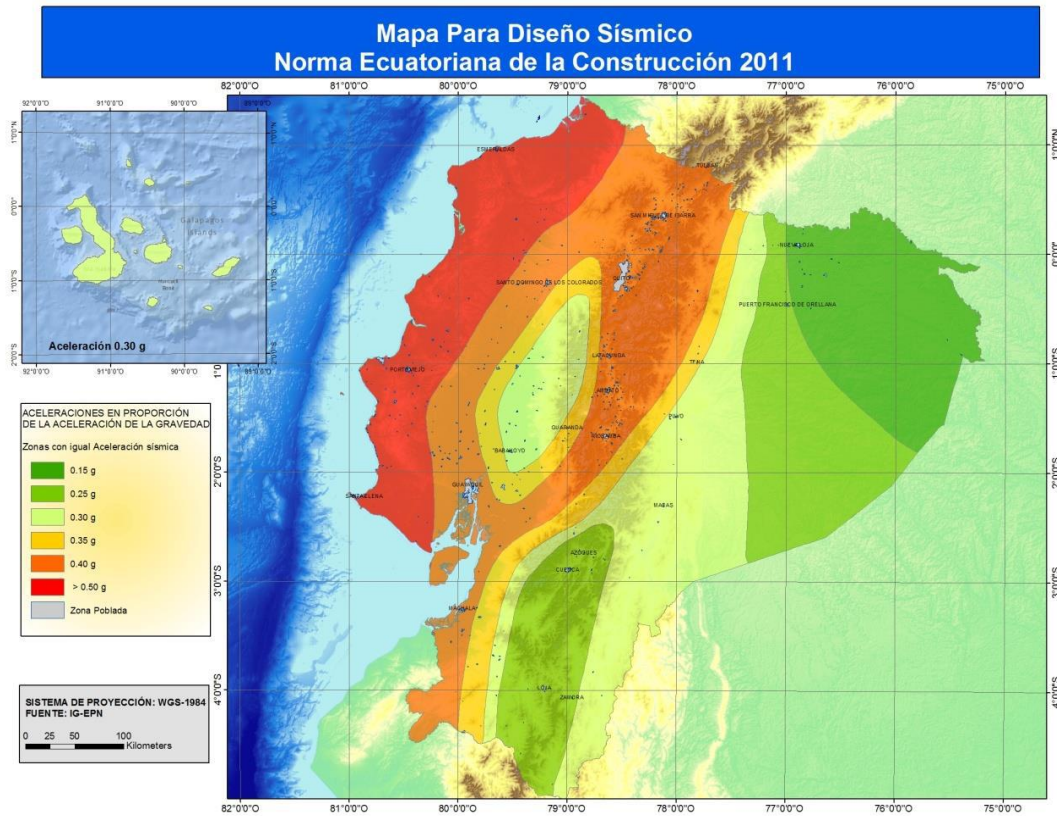
Mapa de Inestabilidad Litológica de la Parroquia Pedernales



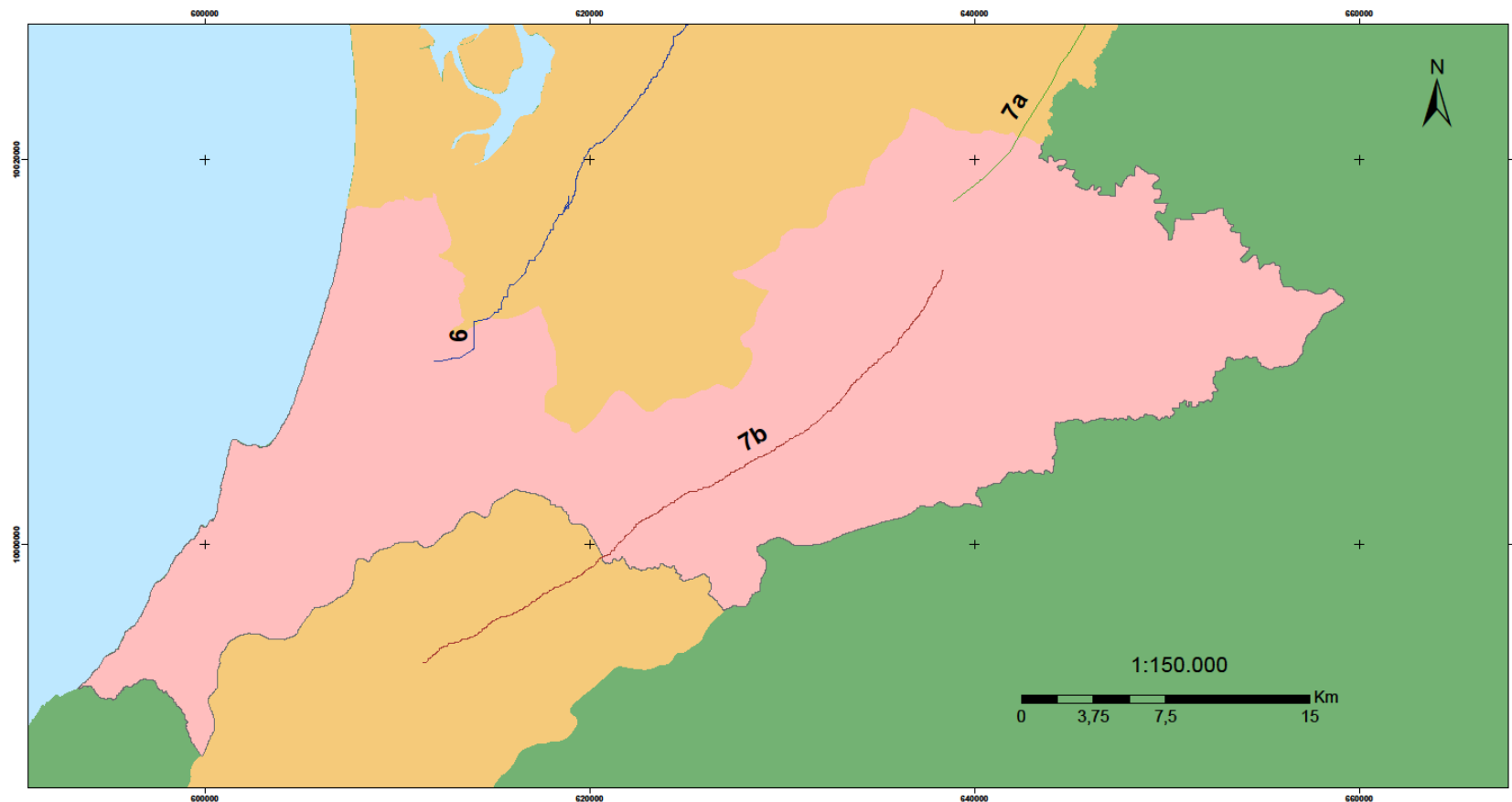
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR			
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS			
CARRERA DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE			
Tema			
MAPA DE INESTABILIDAD LITOLÓGICA DEL CANTÓN PEDERNALES			
Escala	Autores:		Fuente
1:175.000	Cristian Dávalos y Paul Morán.		MAGAP y Corominas, 1989 y 2005
			Fecha
			01/2017
Datum horizontal	Zona	Revisado por:	
WGS84	17S	Ing. Patricio Solís Chacón.	
		Mapa # 3	

Pedernales, según la Norma Ecuatoriana de Construcción 2011, tiene un valor Z de 0,50g, es decir se encuentra en una zona sísmica grado VI catalogada como zona de muy alto peligro sísmico.

Imagen 2. Mapa para Diseño Sísmico. Norma Ecuatoriana de la Construcción 2011. Tomado de la NEC 2011.



Mapa de Fallas Cuaternarias de Pedernales

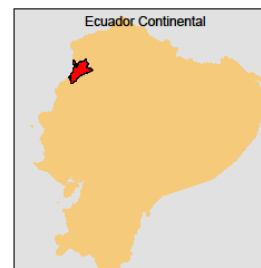


Simbología

- Límite Cantonal
- Límite Parroquial
- Ecuador Continental

Tipo

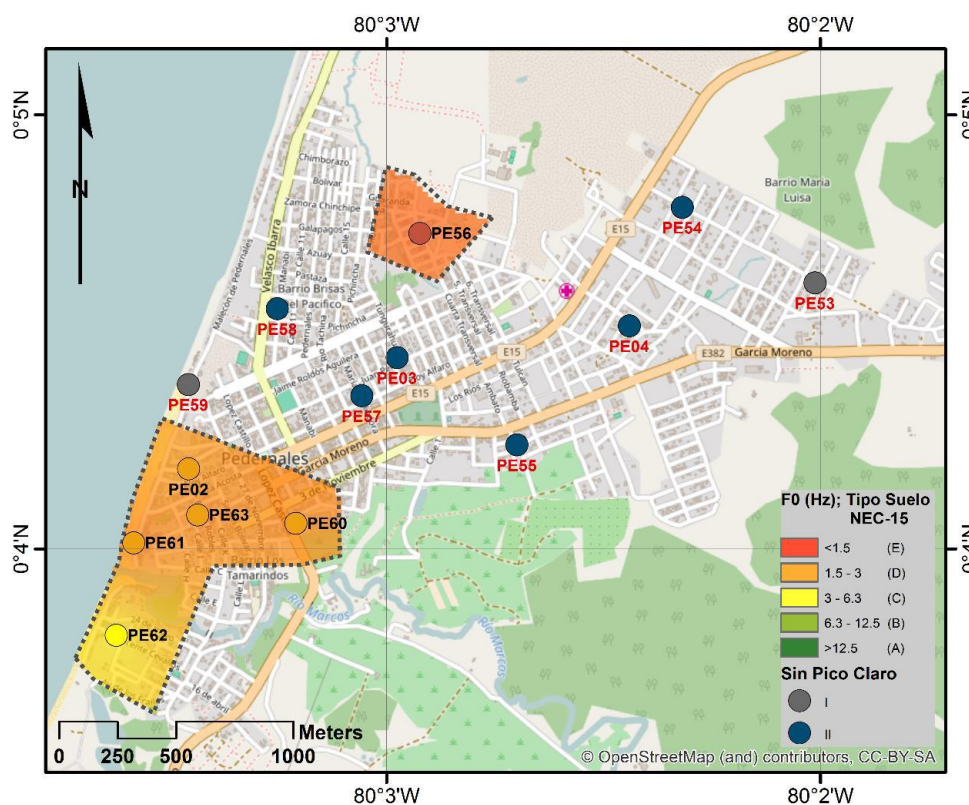
- 6: Falla inferida u oculta
- 7a: Falla inversa o corrimiento (triángulos en bloque superior)
- 7b: Falla de Rumbo Dextral



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS CARRERA DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE			
Tema MAPA DE FALLAS CUATERNARIAS DE LA PARROQUIA DE PEDERNALES			
Escala 1:175.000	Autores: Cristian Dávalos y Paul Morán	Fuente USGS, 2003	Fecha 01/2017
Datum horizontal WGS84	Zona 17S	Revisado por: Ing. Patricio Solís Chacón.	

Además, información obtenida mediante la medición de la frecuencia de resonancia del suelo, realizado por el Instituto Geofísico, provee una primera estimación de las características de los suelos de Pedernales, donde se puede apreciar ligeras diferencias en cuanto al comportamiento vibratorio del material dentro del casco urbano, lo cual podría reflejar en zonas aún más vulnerables. (IG-EPN, 2017).

Imagen 3. Zona Urbana de Pedernales, con los tipos de suelo según la NEC-15 basados en valores de resonancia.



Tomado de la NEC 2011.

Tectónicamente, el área de estudio seleccionada está dentro de una zona interplaca, el entorno geodinámico de la fosa del Ecuador es complejo y tiene su origen en la convergencia de las placas oceánicas como se ha mencionado antes. Además por esfuerzos compresionales producidos por la convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana, el cantón Pedernales está atravesada por fallas del Cuaternario consideradas activas. Estas fallas (San Lorenzo, Esmeraldas, Rio Canandé) son de tipo inversas y dextrales, las cuales se encuentran poco estudiadas. (Ortiz, 2013)

Esta región tectónica ecuatoriana registra sismos de hasta Mw 8.8, como fue el generado el 31 de enero de 1906 a una profundidad de 25 km, costa afuera del sitio Tortuga, Esmeraldas, causando alrededor de 1500 víctimas. Este es el sexto terremoto más fuerte en el mundo registrado en los últimos 110 años, Gustcher et al. (1999) atribuye el origen a un desplazamiento de ruptura cortical de cerca de 500 km de longitud, desde Bahía de Caráquez hasta Tumaco (Colombia).

Posteriormente en 1942 se registra un sismo de Mw 7.9, en 1958 de Mw 7.8 y en 1979 de Mw 8.1. También el terremoto de 1998 en Bahía de Caráquez de Mw 7.1, puede ser considerado como consecuencia de la reactivación de la mega ruptura anteriormente mencionada (Ortiz, 2013).

En el sismo del pasado abril de 2016, se evidenciaron efectos de licuefacción principalmente en la zona del malecón de Pedernales, en donde además hubo deformación importante asociada a una falla secundaria que levanto, entre 10 a 18 cm, esta falla seguramente se reactiva con sismos de estas magnitudes. En el malecón se observó plegamiento a lo largo de la acera y en la calle y los sifones se levantaron unos 10 cm por la licuefacción (SENPLADES, 2016).

2.2.4. Clima, Precipitación y Temperatura

El clima predominante del cantón es Tropical Semiárido, cálido seco en verano, entre los meses de Junio a Noviembre, y cálido lluvioso de Diciembre a Mayo (GAD Pedernales, 2015). La temperatura media anual es de 25°C, fluctuando desde un valor mínimo aproximado de 20 °C hasta un máximo aproximado de 33,7°C. La precipitación media es de 1113mm/año, siendo el mes más seco noviembre y la mayor precipitación registrada se da en el mes de febrero.

2.2.5. Hidrología

Entre los ríos que conforman la red hidrográfica del cantón tenemos el río Tachina y el río Coaque. El Río Tachina desemboca pasa al sur de la ciudad de Pedernales, siendo de gran influencia para la cabecera cantonal, ya que el sistema de agua actual de la urbe capta el abastecimiento de esta fuente (GAD, 2012).

2.3. AMENAZAS Y VULNERABILIDADES DE LA PARROQUIA PEDERNALES

Dentro del proceso político administrativo de la Gestión de Riesgo de Desastre, el pasado sismo del 16 abril de 2016, denota que aún existen problemas no resueltos en esta área, ya que el acontecimiento excedió la capacidad de respuesta de la población y de los organismos de ayuda, ocasionando condiciones de inestabilidad en el territorio. De ahí que, se infiere que nuestro país no se encuentra del todo preparado para amenazas de este tipo.

Como hemos visto, en la actualidad en la parroquia Pedernales, pobladores e infraestructura física son vulnerables a varios tipos de amenazas. Esto se debe entre otras cosas a la falta de conocimiento sobre el riesgo incurrido al ubicar sus viviendas en los lugares no urbanizables, así como también por la aplicación de prácticas inadecuadas de diseño y construcción, como es el caso de estudio donde se utilizó arena de mar en construcciones, por modificaciones improvisadas, el alto nivel de deterioro de las edificaciones y falta de control por la autoridad competente.

A continuación se describen las principales amenazas naturales y antrópicas que suponen una pérdida de la estabilidad de los medios de vida y a la población en general en esta zona.

2.3.1. Amenaza Antrópica – tecnológica

Las amenazas Antrópicas – Tecnológicas, son eventos generados enteramente por la acción humana, los mismos que provocan desastres tomando complicidad con factores de vulnerabilidad (UNISDR, 2008). Entre estas, en la zona tenemos contaminación ambiental del agua provocada por actividades camaroneras en la zona de manglar, que no solo amenazan a la salud, sino a también al ecosistema presente. De igual forma, la falta de alcantarillado y agua potable, afecta a las condiciones de vida de la población, generando un ambiente insalubre para los habitantes de la zona, sin embargo al no tener estas temáticas mayor influencia en el tema de estudio, no se profundiza en el tema.

De todas formas, es importante destacar que dentro de la planificación y ordenamiento territorial hay acciones del hombre que pueden generar riesgo, como es el caso de incurrir en faltas como incumplimiento de normativas de construcción, expansión urbana regulada, arquitectura informal y demás actividades ligadas al urbanismo, se generan zonas de riesgo por asentamientos ilegales en zonas amenazadas y construcciones informales que no toman

en cuenta factores de sismo resistencia, es decir el ser humano aumenta el riesgo de desastre por acciones que incrementan los elementos expuestos en el territorio.

2.3.2. Amenazas Naturales

Las amenazas naturales son la posible ocurrencia de fenómenos de la naturaleza como expresión de su dinámica que se producen de manera súbita y no pueden ser neutralizados (UNISDR, 2008), las cuales se pueden clasificar por su origen en: geológicas (terremotos, tsunamis, actividad volcánica), hidrometeorológicos (inundaciones, tormentas tropicales y sequías) o biológicas (epidemias) (FAO, 2009), al ser los sismos la parte central del estudio, este tipo de amenaza es el más importante a tomar en cuenta.

2.3.2.1. Amenazas Geológicas

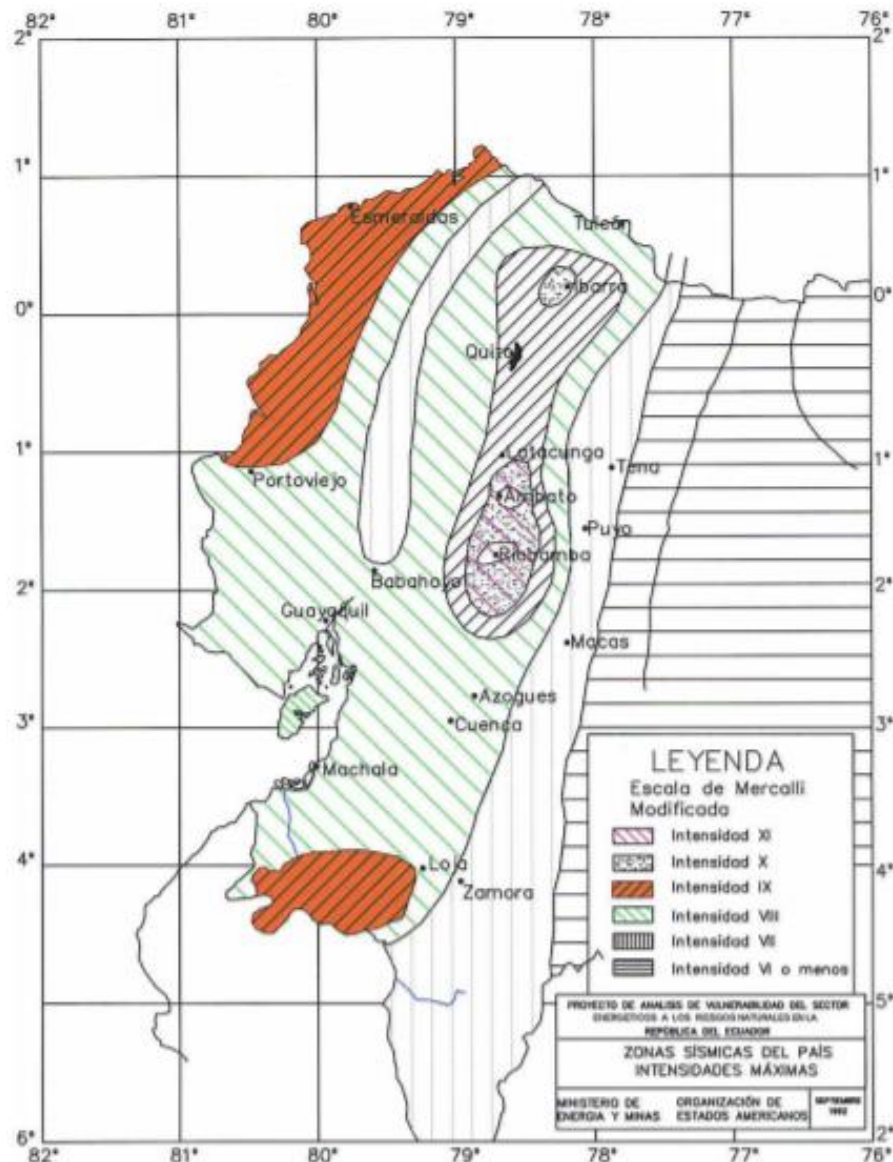
Como se mencionó anteriormente, un terremoto o sismo es el movimiento brusco de la tierra causado por la súbita liberación de energía acumulada durante un largo periodo de tiempo (SLD, 2015).

La tectónica de placas sugiere que la parte más superficial de la tierra está dividida en un número de bloques o mosaicos denominados placas tectónicas (Zuñiga, 2011). Las velocidades y las direcciones de movimiento entre placas es muy diverso, lo que genera distintas dinámicas en las fronteras de dichas placas; en la zona de estudio, los movimientos más comunes son de tipo convergente, donde las placas colisionan y por lo general, una de ellas de mayor densidad penetra por debajo de la otra de menor densidad, lo que se denomina subducción (Zuñiga, 2011).

En cuanto a la probabilidad de ocurrencia de un sismo, según estudios del Instituto Geológico, las mayores intensidades sísmicas esperadas en el país son de grado IX, que corresponden a las provincias de Esmeraldas y Norte de Manabí.

Por estas características, el territorio ecuatoriano es considerado como zona sísmicamente activa, de tal caso que en la región costanera se han suscitado eventos sísmicos de gran magnitud, como es el sismo del 16 de abril cuyo epicentro fue en Pedernales.

Imagen 4. Intensidades sísmicas esperadas en el país.



Elaborado por Min. Energía & OEA- ±EPN. 1992.

2.3.2.2. Otras amenazas

Además de la sismicidad, otra amenaza geológica – geomorfológica son los tsunamis, que al igual que los terremotos son originados por el movimiento de placas tectónicas que se encuentran en la superficie marítima o por actividad volcánica submarina cercana a las costas. (SLD, 2015). En el Ecuador, históricamente se han registrado seis eventos tsunamigénicos, donde estudios demuestran una probabilidad alta de ocurrencia de un evento tsunamigénico en la costa ecuatoriana (Cruz, Acosta, & Vásquez, 2005), situación que supondría pérdidas económicas, de infraestructura y para la

vida, ya que las playas de la costa ecuatoriana son de gran atractivo turístico, situación que aumenta el riesgo a eventos marinos.

En la Imagen 5, se observa el Mapa de riesgos de Tsunami de la costa ecuatoriana, en función de la geomorfología y factores modificadores de la vulnerabilidad elaborado por M. Cruz y Acosta M, se observa que en Pedernales el riesgo es Alto – Medio.

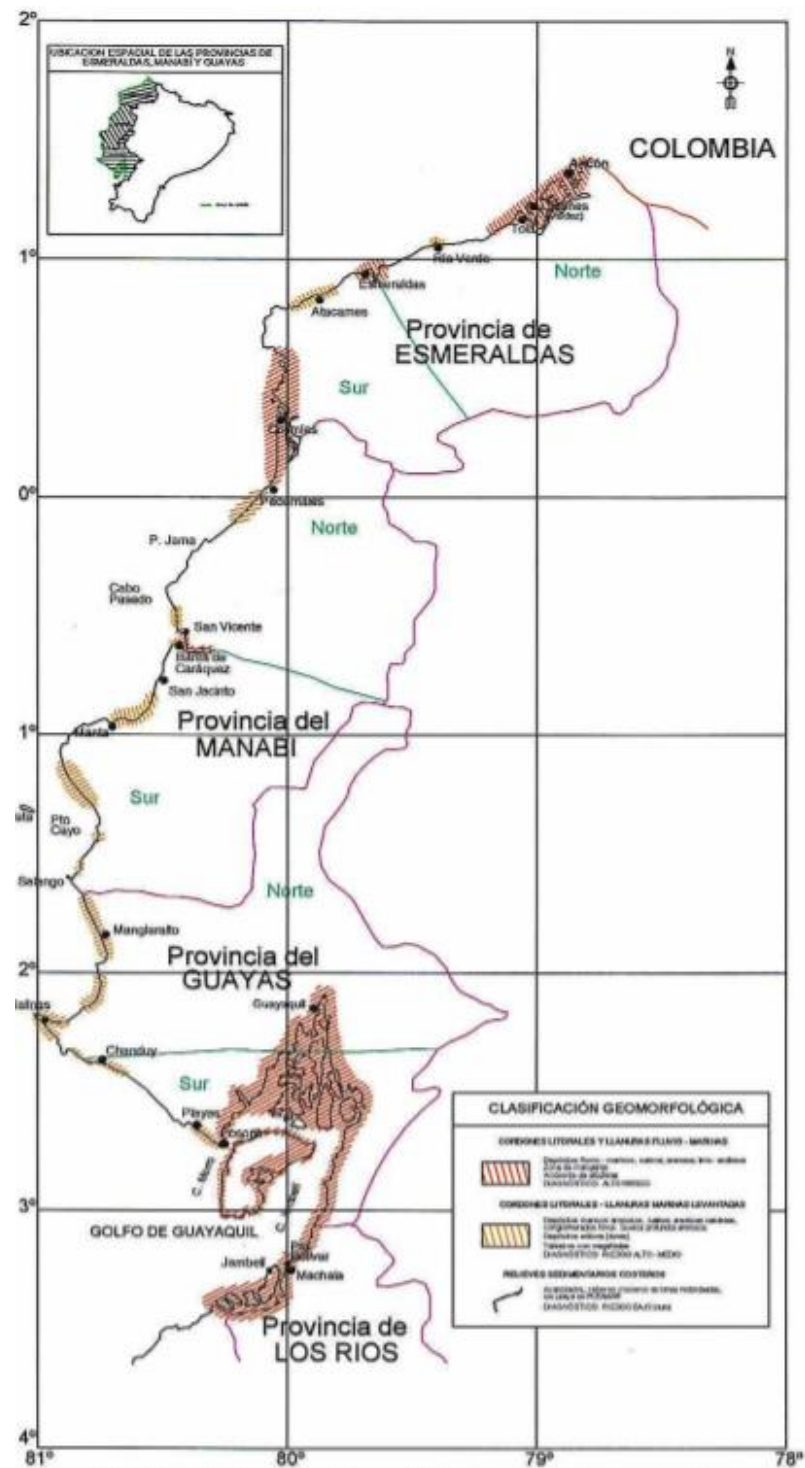
Por otro lado, en el cantón Pedernales existen amenazas de tipo hidrometeorológicas como son inundaciones y deslizamientos de tierra. En el caso de las inundaciones, en el Mapa Preliminar de zonas de amenazas por inundación en el cantón Pedernales de la provincia de Manabí elaborado por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos (Imagen 6), se observa que la zona urbana de la parroquia Pedernales tiene una amenaza Media, siendo las zonas inundables aquellas que tienen una pendiente entre 0 – 5% y 5 – 12% por lluvias torrenciales y crecimiento de los ríos.

En lo que se refiere a movimientos en masa, la zona urbana de la parroquia Pedernales no tiene amenaza, ya que es un espacio geográfico con características estables, donde las pendientes están entre 0 a 51%., según el Mapa Preliminar de zonas de amenazas por movimientos en masa del cantón Pedernales provincia de Manabí (Imagen 7).

Se debe mencionar también los deslizamientos de tierra o llamados también aluviones o derrumbes, son causados por el transporte de rocas o suelo controlados por la gravedad, la velocidad puede ser rápida o lenta, pueden ser de tipo superficiales o profundos. Proceso resultante de vibraciones naturales, cambios en el contenido de agua, remoción del soporte lateral y desgaste de los elementos naturales o por manipulación del hombre del curso de agua y la composición de la ladera (SLD, 2015).

Por lo visto en la caracterización de la parroquia Pedernales, se concluye que el territorio posee varias amenazas, y que su conocimiento y estudio apoyan a una gestión del riesgo de desastre en la zona.

Imagen 5. Mapa de riesgos de Tsunami de la costa ecuatoriana, en función de la geomorfología y factores modificadores de la vulnerabilidad.



Elaborado por Cruz M. y Acosta M. (2005)

Imagen 6. Mapa preliminar de zonas de amenazas por inundaciones del cantón Pedernales

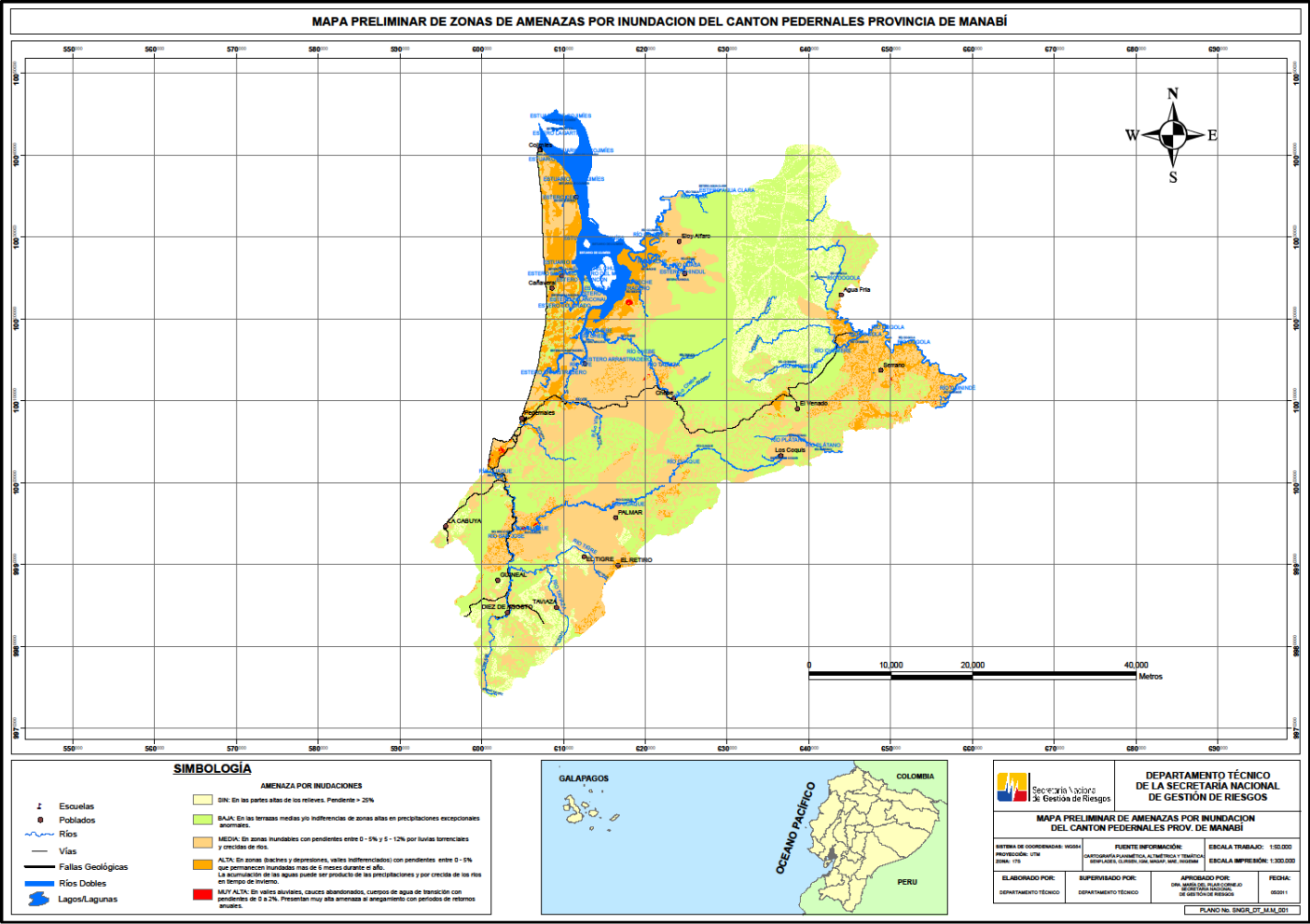
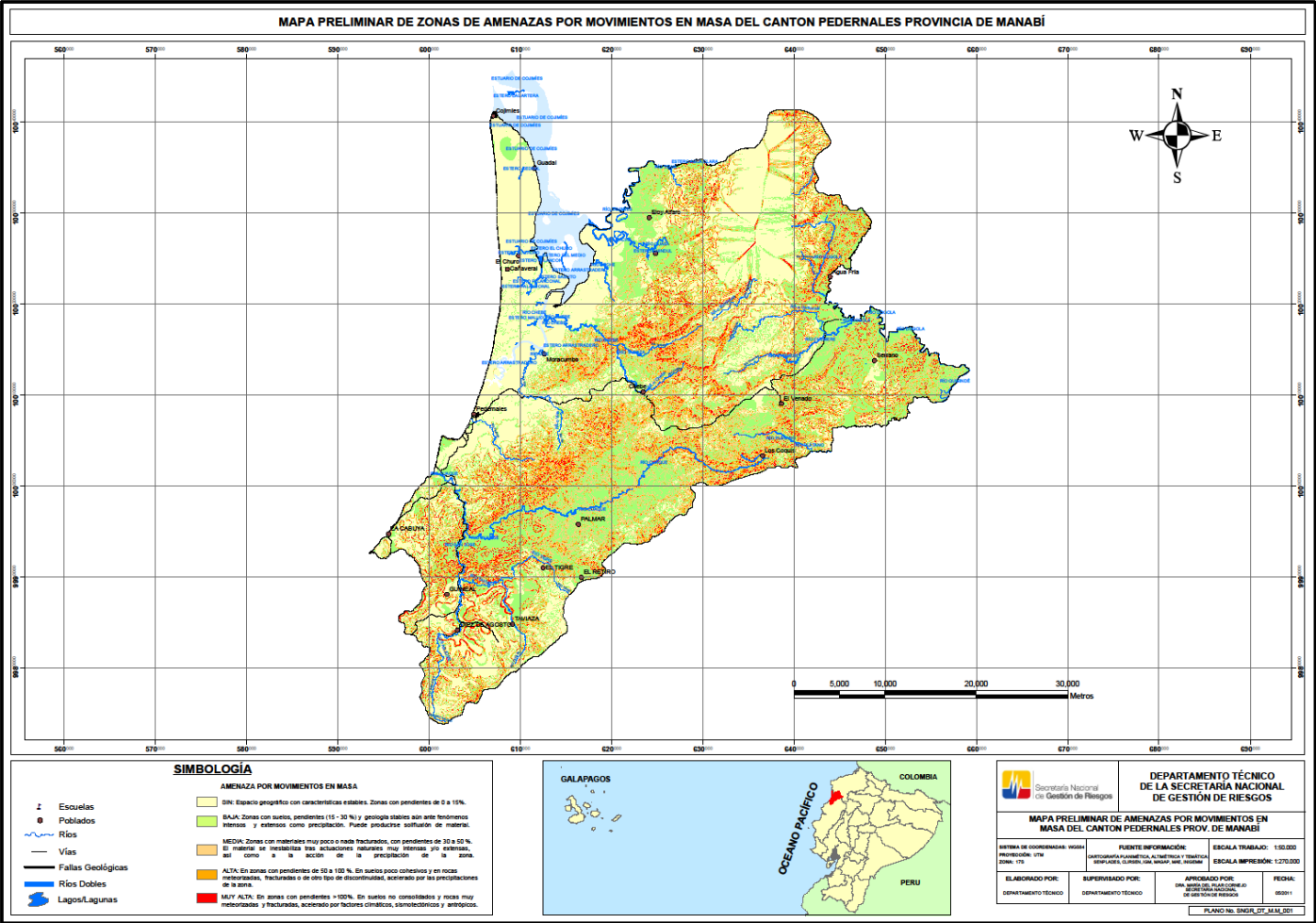


Imagen 7. Mapa preliminar de zonas de amenazas por movimientos en masa del cantón Pedernales provincia de Manabí



2.3.3. Vulnerabilidad

Se evidencia que el territorio tiene vulnerabilidades físicas y económicas, frente a escenarios sísmicos de grandes magnitudes, por lo que se deberá trabajar en disminuir los elementos expuestos y aumentar la capacidad de respuesta de la población frente a desastres de origen geológico sísmico.

Factores como la falta de servicios básicos, nivel de pobreza, expansión urbana desordenada y construcciones informales, incrementan la vulnerabilidad en la zona, situación que afecta en el ámbito social y económico del territorio.

Es necesario considerar estos aspectos para generar medidas de prevención y mitigación como la creación de políticas, normas, marcos reguladores y protocolos institucionales, en este caso orientados a la construcción segura; para lo cual, se debe determinar entre otras cosas el grado de exposición y resistencia de viviendas, sistemas urbanos, líneas vitales y edificaciones esenciales, frente a la vibración sísmica.

El sismo del 16 de abril, denotó la poca preparación que tiene el país en general ante eventos sísmicos, por lo que se deberá crear una cultura de preparación frente a eventos naturales.

CAPÍTULO III

3. RECOLECCIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En el siguiente capítulo se revisarán los resultados de las encuestas realizadas en la zona urbana de la parroquia Pedernales, y los resultados de la visita de campo.

El levantamiento de información por medio de encuestas facilitó el conocer de primera mano los materiales usados en la construcción de edificaciones en el casco urbano de Pedernales. Es así, que en una primera instancia se realizó un análisis de la ubicación de las ferreterías y del tipo de materiales que expenden, y, una vez con esta información se procedió a descartar aquellas que no concordaron con el objeto de estudio, determinando 7 ferreterías a ser encuestadas.

Por otro lado, para la identificación de las edificaciones colapsadas a causa del sismo del 16 de Abril del 2016 por uso de arena de mar en su construcción, se requirió información del Gobierno Autónomo Descentralizado de Pedernales y una visita a las mismas, constatando el daño e identificando el lugar con puntos GPS.

3.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

El hormigón, material a analizar en la presente disertación, es una mezcla conformada por arena, cemento y árido grueso (ripio) en diferentes proporciones. Dentro de su composición, la procedencia de los materiales empleados puede modificar sus propiedades físicas (Michael S. Mamlouk, 2009), por lo que se da especial énfasis en el origen de los materiales a utilizarse en laboratorio.

A partir de las encuestas realizadas en la zona de estudio, se estableció la información base para la elaboración de los ensayos. La investigación se desarrollada a través de encuestas a las ferreterías ubicadas en Pedernales, para lo cual, con anterioridad se realizó una visita de campo que constate si el tipo de material expendido se relaciona con el estudio, determinándose que el número de ferreterías a encuestar es de 7 (Tabla 8). De esta forma, a fin de identificar las principales características de construcción en el cantón Pedernales, tales como: materiales usados, tipo de materiales y lugar de procedencia del

material, se ejecutó una encuesta abierta (Anexo IV), el 21 de agosto del año 2016 a los encargados de 7 ferreterías (ANEXO V) ubicadas en la zona urbana de la ciudad.

Tabla 8. Ferreterías encuestadas en la parroquia Pedernales.

NOMBRE	ENCARGADO
OXIMETAL	Flor García
OXIMAR	Fernanda Mero
METALCONS	Sandra Toro
MEGACOVEL S.A.	Lady Aveica
ALMACENES ZURITA	Karina Dávila
SN	Karina Martínez
SN	Sara Mata

Elaboración propia.

3.1.1. Análisis de encuestas

1) ¿En la ferretería donde trabaja, cuáles son las 3 marcas de cemento más vendidas?

Los resultados (Tabla 9) indican que las dos marcas de cemento más vendidas son el cemento portland SelvAlegre y el cemento portland Holcim, por lo que los ensayos fueron realizados utilizando estos dos tipos de cemento.

Tabla 9. Marcas de cemento más utilizadas

Tipo de cemento	Encargado de ferretería						
	Flor García	Fernanda Mero	Karina Martínez	Sandra Toro	Sara Mata	Lady Aveica	Karina Dávila
Cemento Holcim	X		X	X			
Cemento SelvAlegre		X			X	X	X

Elaboración propia.

Atendiendo a las consideraciones anteriores, según la Ficha Técnica del cemento SelvAlegre, este es un cemento portland puzolánico tipo IP, diseñado para construcciones de hormigón en general, que cumple con los requerimientos de la norma ecuatoriana. Por

otra parte, el cemento Holcim tipo GU es apto para todo tipo de estructura de hormigón en general (HOLCIM Ecuador S.A., s.f.).

2) ¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes?

Los lugares encuestados proporcionaron el promedio de ventas de cemento por mes (Tabla 10), evidenciándose que debido al proceso de reconstrucción de la ciudad de Pedernales para la fecha del estudio, la cantidad de quintales de cemento vendido en las ferreterías es alto. El promedio total de cemento vendido fue de 8179 quintales.

Tabla 10. Promedio de quintales de cemento vendidos al mes.

	Encargado de ferretería						
	Flor García	Fernanda Mero	Karina Martínez	Sandra Toro	Sara Mata	Lady Aveica	Karina Dávida
Quintales vendidos al mes	11117	7900	19200	1200	13200	2000	2640

Elaboración propia.

3) ¿En la ferretería donde trabaja, cuáles son los aditivos de construcción más vendidos?

El único aditivo mencionado en la encuesta (Tabla 11) es el acelerante “PlastoCrete” marca SIKA por lo que se utilizó en el ensayo. Cabe destacar que los aditivos son ingredientes que se añaden al hormigón para proporcionar una cualidad específica a la mezcla plástica (fresca) o el hormigón endurecido (ASTM C494). (Michael S. Mamlouk, 2009).

Tabla 11. Aditivos más vendidos

	Encargado de ferretería						
	Flor García	Fernanda Mero	Karina Martínez	Sandra Toro	Sara Mata	Lady Aveica	Karina Dávida
Aditivos más vendidos	PlastoCrete	PlastoCrete	PlastoCrete	--	--	--	--

--No vende aditivos

Elaboración propia.

4) ¿De qué zonas proviene la arena que se usa en la construcción en Pedernales?

Se denunció que antes del terremoto la arena usada en construcción provenía principalmente de las playas más cercanas como son Cojimíes, Coaque y Las Palmas, y de la zona de Santo Domingo provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

Además, la ciudadanía expresó que la mayoría de los edificios colapsados completamente por el terremoto del 16 de abril del 2016 eran antiguos, y el uso de arena de mar en estos se debía a que para el año de su construcción no existían los medios económicos, ni viales, para traer la arena de otro lugar.

En el presente estudio se considera la arena proveniente de zona de cantera y de playa, razón por la que para la elaboración de los ensayos se tomaron muestras de arena de la playa de Cojimíes y Coaque (Anexos).

En la imagen 8, se identifican los lugares de extracción de arena para el estudio, las cuales como se mencionó anteriormente, fueron señaladas por los encuestados como zonas de provisión de arena para construcción en Pedernales.

Imagen 8. Ubicación de los lugares de recolección de arena para la elaboración de ensayos de laboratorio.



3.2. EDIFICACIONES COLAPSADAS A CAUSA DEL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 POR USO DE ARENA EN SU CONSTRUCCIÓN

El GAD de Pedernales proporcionó información de las construcciones colapsadas por el sismo del 16 de Abril del 2016, la misma que fue clasificada, de acuerdo a 3 parámetros, a saber: haber colapsado por el terremoto del 16 de Abril del 2016, conocer que fueron construidas con arena de mar y poseer losa descubierta

Quedando únicamente aquellas que respondían a estos parámetros. Posteriormente, la información fue verificada en campo, procediendo a la toma de puntos GPS. De tal forma, las construcciones a ser analizadas con 6, las mismas que se encuentran en el casco urbano de la parroquia Pedernales (TABLA 12).

Tabla 12. Construcciones colapsadas por el sismo del 16 de Abril del 2016, que se conoce fueron construidas con arena de mar.

NOMBRE DE LA CONSTRUCCIÓN	DIRECCIÓN	COORDENADAS
Hotel López Castillo	López Castillo y García Moreno esquina	X=605214 Y=10007605
Hotel América	García Moreno entre 27 de Noviembre y López Castillo	X=605164 Y=10007492
Hotel Cesar Augusto	Eloy Alfaro y Manabí esquina	X=605407 Y=10007873
Hotel Pedernales	Eloy Alfaro y Manabí	X=605373 Y=10007858
Hotel Playas	Manabí y Juan Pereira	X=605389 Y=10007951
Casa de Enrique Rodríguez	García Moreno y Gonzales Suarez	X=605265 Y=10007637

Fuente: GAD Pedernales, Dirección de Planificación (2016)
Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán
Visita de campo

En la Imagen 9 y 10, se observa la ubicación de las construcciones analizadas en el estudio (Anexos I), siendo 3 en el área norte y 3 en el área sur, cabe señalar que las 6 edificaciones están en escombros.

Imagen 9. Fotografía de la ubicación de las edificaciones analizadas en el estudio.



Imagen 10. Fotografía de la ubicación de las edificaciones analizadas en el estudio



Gracias a la información recopilada en campo, inmediatamente después se pudo constatar algunos elementos alarmantes en cuanto a las dinámicas constructivas de Pedernales, como es el uso de materiales áridos no aptos.

Los habitantes de Pedernales fueron actores de gran importancia en la recolección de información ya que sin su apertura y total apoyo para la investigación. Como es el caso de los propietarios de los centros ferreteros, personal del Municipio de Pedernales que resolvió dudas de todo tipo, principalmente en el tema de la recolección de arena, zonas de provisión, dinámicas históricas de Pedernales, edificaciones afectadas que fueron construidas con arena de mar.

Mediante la encuesta se determinó el uso de arena de mar en la mezcla de hormigón en la zona, lo que según estudios realizados después del terremoto del 16 de Abril del 2017, es un causante del colapso de edificaciones (BBC MUNDO, 2016).

CAPITULO IV

4. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES Y DATOS DE LABORATORIO PARA LA OBTENCIÓN DE FIRMAS ESPECTRALES

Las técnicas de teledetección obtienen información de objetos y fenómenos que se encuentran en la superficie terrestre, y sobre la base de la energía reflectada, discrimina superficies de otras; es así que a partir de medidas de laboratorio se han obtenido curvas de reflectividad espectral para las principales cubiertas terrestres, determinando el comportamiento espectral propio de cada objeto, es decir su firma espectral (Chuvieco, 1995).

Sin embargo, cabe destacar que las cubiertas de la superficie terrestre no tienen un comportamiento espectral único y permanente que permita distinguirlas sin confusión unas de otras, debido a que existe una variabilidad espectral dada por factores ambientales, tecnológicos y humanos, por lo que los resultados obtenidos mediante el análisis pueden diferir entre imagen.

En cuanto al estudio realizado, se pretendió obtener las firmas espectrales de muestras de hormigón elaboradas con arena de mar, obtenidas por medio de imágenes satelitales y de ensayos de laboratorio.

4.1. FIRMAS ESPECTRALES DE IMAGEN SATELITAL GAOFEN-2

El proceso para encontrar la firma espectral del hormigón elaborado con arena de mar contempló las siguientes fases:

4.1.1. Determinación de objeto de estudio

El objetivo de estudio en la presente disertación son las edificaciones de hormigón colapsadas luego del terremoto del 16 de Abril del 2016, de tal caso que el objeto a analizarse en las imágenes son las losas de hormigón de tales construcciones.

4.1.2. Selección de imagen satelital

Primeramente, se examinó la imagen con la fecha más cercana después de ocurrido el terremoto del 16 de Abril del 2017. De tal forma, el Instituto Ecuatoriano Espacial (IEE) facilitó una imagen satelital de la zona de estudio tomada el 2016-04-19 a las 16:01:17 por el sensor activo PMS1 del satélite GF2 del satélite Gaofen-2 (GF2), el cual es un satélite de imágenes de alta resolución de serie CHEOS (China High Resolution Earth Observation System), que cuenta con dos sensores, uno pancromático con resolución espacial de 0,81m y el segundo multiespectral 3,24m, con un ancho de franja de 45km (Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences, 2015), siendo esta ultima la resolución espacial necesaria para identificar el objeto de estudio (losas de hormigón).

En lo que se refiere al soporte digital de la imagen, el sensor PMS1 emite una respuesta en 4 bandas, a saber: B1/blue (450-520nm), B2/green (520-590nm), B3/red (630-690nm) y B4/NIR (770-890nm) (EO, s.f.), en las cuales se realiza el análisis.

De tal forma, la imagen “GF2_PMS1_W80.1_N0.0_20160419_L1A0001535139-MSS1”, como se detalla en los metadatos (ANEXO), es tipo STANDARD, con corrección LEVEL1A (corrección de satélite), formato TIFF, resolución espacial de 3,24m, datum WGS84 y cuenta con 4 bandas.

4.1.3. Corrección geométrica y radiométrica

Se llama así a los procesos que tienden a eliminar anomalías en la imagen, para disponerla más adecuadamente para su análisis (Chuvieco, 1995), algunos de estos inconvenientes se solventan automáticamente, mientras otros persisten, haciéndose necesario realizar una serie de técnicas de ajuste.

Para la imagen a ser utilizada, se comprobó en el metadato que esta posee un nivel de producto LEVEL1A, el mismo que tiene una corrección de satélite. De igual forma, al ver los datos de tipo de producto, se constató que la imagen es de tipo STANDARD, el cual según las especificaciones del sensor la imagen resultante cuenta con correcciones tanto radiométricas como geométricas, por lo que no se debe realizar corrección alguna para su uso.

4.1.4. Tratamiento digital de la imagen

El tratamiento de la imagen “GF2_PMS1_W80.1_N0.0_20160419_L1A0001535139-MSS1” se realizó por medio del software ERDAS Image 2014, generando pirámides y

estadísticas. Luego, se exportaron los puntos GPS de las construcciones colapsadas por el terremoto (TABLA 10) en la imagen GF2.

Una vez identificados los lugares de estudio en la imagen satelital, se procedió a determinar el comportamiento espectral de las 6 construcciones, el cual se ve representado en la Tabla 13.

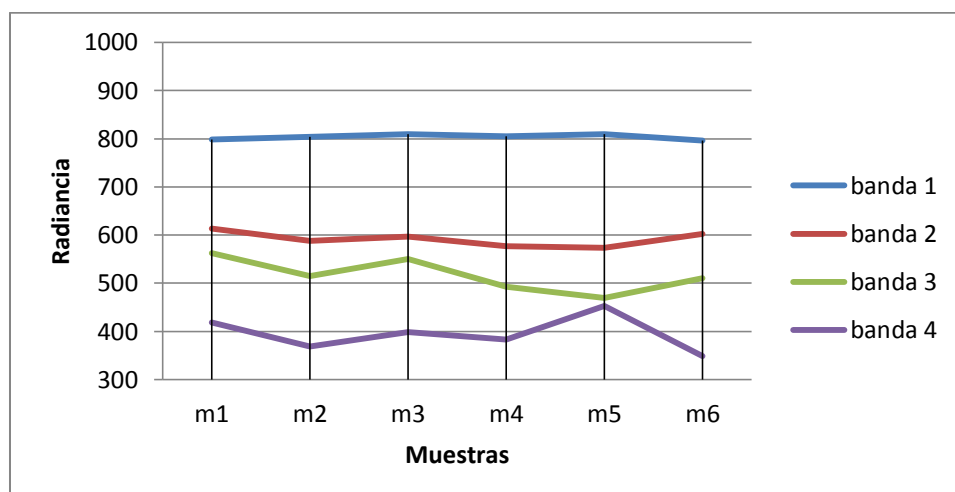
Tabla 13. Comportamiento espectral (radiancia $W/m^2 \text{ sr } \mu m$) de construcciones colapsadas en imagen GF2

	banda 1	banda 2	banda 3	banda 4
m1	798	613	562	418
m2	804	588	515	369
m3	810	597	550	399
m4	805	577	493	383
m5	810	574	469	453
m6	796	602	510	349

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

En el Gráfico 6 se aprecia la variabilidad del comportamiento espectral en diferentes bandas en cada muestra, por lo cual se puede decir que el comportamiento en la Banda 1 y 2 presenta una radiancia constante, mientras que en las bandas 3 y 4, presenta un comportamiento variable.

Gráfico 6. Comportamiento espectral de construcciones colapsadas en imagen GF2



Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

4.2. FIRMAS ESPECTRALES EN LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio se realizaron en el Instituto Ecuatoriano Espacial, donde se contó con asesoría técnica y con los equipos requeridos para el estudio.

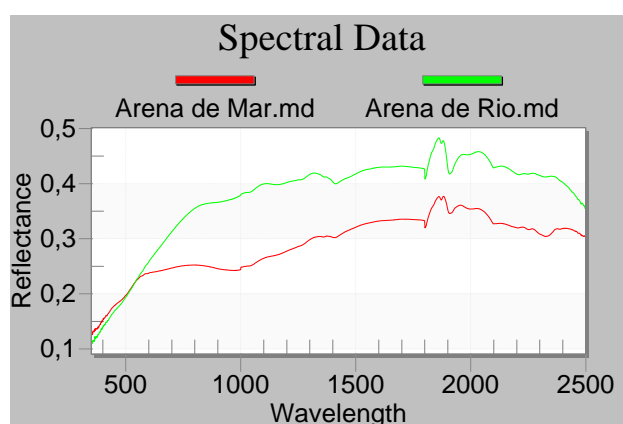
4.2.1. Análisis del comportamiento espectral de arena de mar y volcánica

En primera instancia, se realizó una comparación entre los tipos de arena utilizados para el estudio. De esta forma, por medio del espectroradiómetro se tomaron datos de reflectancia de la arena de mar y la arena de origen volcánico (Imagen 11). Se puede apreciar en el Gráfico 7 la respuesta espectral de los dos tipos de arena, representada en reflectancia en función de longitud de onda.

Imagen 11. Determinación de respuesta espectral de muestras de arena de mar y volcánica



Gráfico 7. Muestras de Arena de mar y volcánica



Realizado por equipo de disertación, 2017.

Se evidencia que existe una diferencia entre las respuestas espectrales entre los dos tipos de arena, por lo que se podría esperar un comportamiento espectral similar en los ensayos realizados en laboratorio.

4.2.2. Elaboración de muestras de hormigón

Los parámetros para la elaboración de las muestras de hormigón son los resultados obtenidos de las encuestas realizadas anteriormente. De tal forma, se realizaron 13 ensayos, alternando entre cemento, arena, árido grueso y aditivo (Tabla 14).

Tabla 14. Muestras de laboratorio

N°	Cemento	Arena	Árido grueso	Aditivo
1	Selva alegre	Cojimíes	Ripio	No
2	Selva alegre	Cojimíes	Ripio	Si
3	Selva alegre	Volcánica	Ripio	No
4	Selva alegre	Volcánica	Ripio	Si
5	Selva alegre	Coaque	Ripio	No
6	Selva alegre	Coaque	Ripio	Si
7	Holcim	Cojimíes	Ripio	No
8	Holcim	Cojimíes	Ripio	Si
9	Holcim	Volcánica	Ripio	No
10	Holcim	Volcánica	Ripio	Si
11	Holcim	Coaque	Ripio	No
12	Holcim	Coaque	Ripio	Si

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Se utilizaron envases de plástico como contenedores, y para las medidas de los materiales de construcción se usó una probeta graduada de 250 ml. Luego se procedió a mezclar el contenido con un vailejo y se etiquetó las muestras (Imagen 12). Finalmente se dejó fraguar la mezcla durante 21 días.

Cabe agregar que, para la mezcla de materiales se utiliza el método arbitrario para la fabricación de hormigón, el cual usa una proporción de 1:2:3 (cemento: arena: árido grueso) (Michael S. Mamlouk, 2009). Además, es importante señalar que todas las muestras fueron realizadas y almacenadas bajo las mismas condiciones de humedad, temperatura y temporalidad.

Imagen 12. Muestra de hormigón



4.2.3. Medición de reflectancia de las muestras de hormigón

Para la medición del comportamiento espectral de las muestras de hormigón, se utilizó el método directo de medición de radiación mediante el FieldSpec 4 High Resolution Spectroradiometer proporcionado por el IEE.

El FieldSpec4, es un espectroradiómetro de campo portátil usado para la medición de características espectrales, el mismo que cuenta con una resolución espectral de 3 a 10nm y un rango espectral de 350-2500nm (ASDI, s.f.).

Para la medición, se procedió a cortar la parte inferior de los contenedores de las muestras de 21 días, ya que esta es la superficie a ser analizada por ser más lisa que la superior. Como parte del procedimiento, se encoró el espectroradiómetro con la superficie “blanco” propia del equipo y posteriormente se realizó la captura de reflectancia ubicando el equipo encima de cada una de las muestras (Fotografías 13 y 14).

Imagen 13. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)



Tomada por: Grupo de trabajo

Imagen 14. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)



Tomada por: Grupo de trabajo

4.2.4. Determinación de firma espectral de muestras de hormigón

Ahora bien, es importante señalar que, los valores obtenidos del espectroradiómetro son de reflectividad, por lo que para el análisis posterior estos valores deben ser transformados a radiancia. Esta transformación se realiza mediante la fórmula:

$$L = G * ND + P$$

Donde L es la Radiancia, “G” y “P” son las ganancias y pérdidas respectivamente, datos que son propios del producto del sensor, y ND es el valor de reflectividad. (Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences, 2015)

A continuación, se clasificaron los datos de radiancia según la longitud de onda de las 4 bandas del satélite GF2 (B1/blue (450-520nm), B2/green (520-590nm), B3/red (630-690nm) y B4/NIR (770-890nm)), para poder comparar los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio con las imágenes (Tabla 15). Posteriormente, el dato de radiancia obtenido en $W/m^2 \text{ sr } \mu m$ es convertido a $W/m^2 \text{ sr nm}$ (unidades de la imagen), cabe recalcar que ya que el estudio es en base a la arena de mar, se usó únicamente las muestras que contenían este tipo de arena (Tabla 16).

Tabla 15. Radiancia ($W/m^2 \text{ sr } \mu m$) de todas las muestras de laboratorio según las bandas del sensor PMS1.

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M1	0.80014554	0.88076969	0.67845334	0.63202333
M2	0.79587389	0.87462154	0.67296357	0.62693934
M3	0.81014285	0.88902734	0.68084965	0.62818149
M4	0.81274363	0.8919554	0.68365985	0.63119858
M5	0.80931067	0.89204684	0.68987915	0.64521645

M6	0.80863495	0.89146515	0.68956445	0.64539046
M7	0.81614043	0.89697064	0.68899821	0.63707002
M8	0.8166405	0.89797132	0.69089902	0.64105579
M9	0.80901609	0.89117289	0.68848108	0.64302477
M10	0.80915922	0.89119004	0.68845332	0.64359252
M11	0.8052885	0.88681181	0.68439431	0.638508
M12	0.80122658	0.88118295	0.67869951	0.63275733

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán.

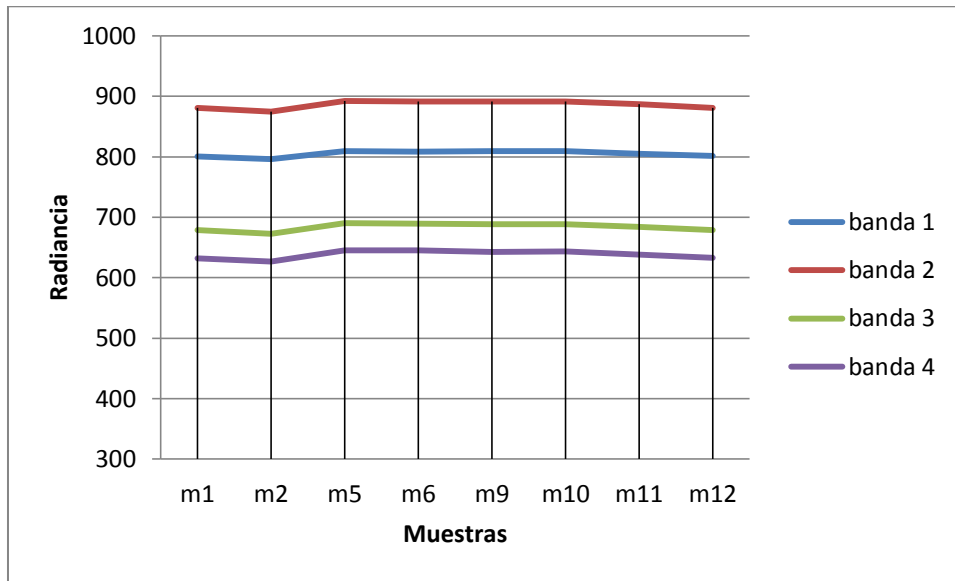
Tabla 16. Radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr nm}$) de las muestras de laboratorio con arena de mar según las bandas del sensor PMS1.

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M1	800,145536	880,76969	678,453337	632,023333
M2	795,873889	874,62154	672,963572	626,93934
M5	809,310675	892,046844	689,879151	645,216448
M6	808,634954	891,465152	689,564452	645,390463
M9	809,016094	891,172894	688,481079	643,024768
M10	809,159221	891,19004	688,453316	643,592519
M11	805,288503	886,81181	684,394308	638,507996
M12	801,226575	881,182952	678,699506	632,757332

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán.

En el gráfico 8, se observa que el comportamiento espectral de las muestras de hormigón con arena de mar, es uniforme en las 4 bandas.

Gráfico 8. Radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr nm}$) de las muestras de laboratorio con arena según las bandas del sensor PMS1



Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán.

4.3. COMPARACIÓN DE COMPORTAMIENTO ESPECTRAL

Comparando los gráficos 5 y 6 del comportamiento espectral del hormigón tomado a partir de la imagen satelital GF2 y de los ensayos de laboratorio respectivamente, podemos concluir que:

1. La banda 1 posee un comportamiento similar en los 2 gráficos (Gráfico 8 y Gráfico 6).
2. Las bandas 2, 3 y 4 no presentan similitudes en los valores reflejados. Por lo tanto el análisis de correlación se realizó en base a la banda 1 ya que es la banda en la que se puede analizar su relación.
3. Se debe tener en cuenta que las bandas 2, 3 y 4 no poseen relación alguna en sus respuestas espectrales, esto puede ser debido a objetos que distorsionan la respuesta espectral tomando en cuenta que las losas de hormigón suelen ser terrazas y las cuales se les puede dar diferentes usos así como también la resolución espacial influye siendo de 3.28m que debería haber de área "limpia" para la toma de la muestra.
4. Por lo dicho, se utilizó para el análisis estadístico el promedio de los valores de radiancia del hormigón elaborado con arena de mar en el laboratorio (Tabla 17), como dato oficial de radiancia para esta superficie, sobre la cual se comparará los

datos obtenidos de la imagen satelital de las construcciones que colapsaron por el uso de arena de mar.

Tabla 17. Promedio de los valores de radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$) del hormigón elaborado con arena de mar en el laboratorio

Muestra	Radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$) Banda 1
M1	800.145536
M2	795.873889
M5	809.310675
M6	808.634954
M9	809.0160938
M10	809.159221
M11	805.2885027
M12	801.226575
PROMEDIO	804.831931

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán.

Se pudo constatar que para la obtención de firmas espectrales, existen diversos métodos, ya sea utilizando directamente las imágenes satelitales y comprobando elementos de la misma en campo, o también por medio del espectro-radiómetro que provee de información acerca del comportamiento espectral de los cuerpos, además de sus múltiples ventajas tanto en laboratorio como en el campo. De cualquier manera los resultados deben ser comparables y aplicables a escenarios similares y a insumos espaciales con características propias como son las imágenes GF2.

CAPITULO V

5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La importancia de probar los datos obtenidos a través de métodos estadísticos recae en confirmar, reformar o anular los procedimientos realizados; presentar las conclusiones del estudio para que puedan ser expuestas, consultadas y sirvan como apoyo en investigaciones afines (UNAM, s.f.).

Para la investigación científica, el análisis estadístico comprende la recolección de datos y prueba de hipótesis acerca de las relaciones entre variables (Ritchey, 2006), por lo que a continuación, con los datos obtenidos anteriormente, se procede a realizar pruebas de hipótesis con el fin de comprobar o refutar la hipótesis.

Un aspecto de importancia, es que dicha comprobación siempre estará sujeta a ser validada nuevamente con experimentos posteriores, otros descubrimientos, instrumentos mejorados o cualquier cambio que pueda modificar o probar la hipótesis inicial (UNAM, s.f.).

5.1.ANÁLISIS DE VARIABLES

En esta sección se determina el comportamiento espectral de todas las muestras elaboradas, para lo cual se realizó el procesamiento estadístico de los datos que fueron obtenidos del espectroradiómetro, clasificándolos según las variables que operan, como la presencia o la ausencia de aditivos acelerantes en las muestras, mezclas con arena de mar, mezclas con arena volcánica, y las posibles combinaciones entre sí.

5.1.1. Variable aditivo acelerante PlastoCrete

En la Tabla 18 y 19, se observa la diferencia entre el comportamiento espectral de las muestras con y sin aditivo respectivamente, evidenciándose que la diferencia en el valor medio de radiancia para cada banda es casi nulo.

Tabla 18. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón con aditivo según las bandas del sensor PMS1.

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M2	795,873889	874,62154	672,963572	626,93934
M4	812,743629	891,955398	683,659851	631,198578
M6	808,634954	891,465152	689,564452	645,390463
M8	816,640501	897,971325	690,899016	641,055786
M10	809,159221	891,19004	688,453316	643,592519
M12	801,226575	881,182952	678,699506	632,757332
MEDIA	808,610439	889,440691	685,108041	637,635337

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Tabla 19. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón sin aditivo según las bandas del sensor PMS1.

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M3	810,142847	889,027341	680,849655	628,181486
M5	809,310675	892,046844	689,879151	645,216448
M7	816,140434	896,970645	688,998211	637,070016
M9	809,016094	891,172894	688,481079	643,024768
M11	805,288503	886,81181	684,394308	638,507996
MEDIA	808,340681	889,466537	685,175957	637,337341

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Por otro lado, en lo que se refiere a las muestras con arena de mar, tomando en cuenta la variable de uso de aditivo y sin aditivo (Tabla 20 y 21), se puede concluir que no existe una diferencia significativa entre las muestras que poseen aditivo frente a las que no, por lo que se puede afirmar que el aditivo acelerante Plastocrete no presenta características evidenciables en el hormigón dentro de esta longitud de onda.

Tabla 20. Radiancia (W/m^2 sr nm) de las muestras de hormigón de arena de mar con aditivo, según las bandas del sensor PMS1.

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M2	795,873889	874,62154	672,963572	626,93934
M6	808,634954	891,465152	689,564452	645,390463

M10	809,159221	891,19004	688,453316	643,592519
M12	801,226575	881,182952	678,699506	632,757332
MEDIA	804,556021	885,758911	683,660446	638,640774

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Tabla 21. Radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr nm}$) de las muestras de hormigón con arena de mar sin aditivo, según las bandas del sensor PMS1

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M1	800,145536	880,76969	678,453337	632,023333
M5	809,310675	892,046844	689,879151	645,216448
M9	809,016094	891,172894	688,481079	643,024768
M11	805,288503	886,81181	684,394308	638,507996
MEDIA	805,940202	887,70031	685,301969	639,693136

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Lo propio sucede con las muestras de arena volcánica con y sin aditivo (Tabla 22 y 23), las mismas que poseen valores de radiancia similares.

Tabla 22. Radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr nm}$) de muestras de hormigón con arena volcánica y aditivo, según las bandas del sensor PMS1

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M4	812,743629	891,955398	683,659851	631,198578
M8	816,640501	897,971325	690,899016	641,055786
MEDIA	814,692065	894,963361	687,279434	636,127182

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Tabla 23. Radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr nm}$) de muestras de hormigón con arena volcánica sin aditivo, según las bandas del sensor PMS1

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M3	810,142847	889,027341	680,849655	628,181486
M7	816,140434	896,970645	688,998211	637,070016
MEDIA	813,141641	892,998993	684,923933	632,625751

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

En definitiva, por lo visto anteriormente, tomando en cuenta la variable del uso o no de aditivo en las muestras de hormigón, se puede concluir que no existe una diferencia significativa entre las muestras que poseen aditivo frente a las que no, por lo que se puede

afirmar que el aditivo acelerante Plastocrete no presenta características evidenciables en el hormigón dentro de esta longitud de onda.

5.1.2. Variable Arena de Mar – Arena Volcánica

Las muestras realizadas con arena de mar (Tabla 24) poseen una desviación estándar de 5,34 para la banda 1, mientras que el valor más alto es 809,15 y el más bajo es 795,87, siendo el valor de la media de 805,34.

Tabla 24. Radiancia (W/m^2 sr nm) de muestras de hormigón con arena de mar según las bandas del sensor PMS1

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M1	800,145536	880,76969	678,453337	632,023333
M2	795,873889	874,62154	672,963572	626,93934
M5	809,310675	892,046844	689,879151	645,216448
M6	808,634954	891,465152	689,564452	645,390463
M9	809,016094	891,172894	688,481079	643,024768
M10	809,159221	891,19004	688,453316	643,592519
M11	805,288503	886,81181	684,394308	638,507996
M12	801,226575	881,182952	678,699506	632,757332
MEDIA	805,346981	886,868282	684,598459	639,242124

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Por otro lado, las muestras realizadas con arena volcánica (Tabla 25) poseen una desviación estándar de 3,05 para la banda 1, mientras que el valor más alto es 816,14 y el más bajo es 810,14. El valor de la media es de 813,91.

Tabla 25. Radiancia (W/m^2 sr nm) de muestras de hormigón con arena volcánica según las bandas del sensor PMS1

	Banda 1	Banda 2	Banda 3	Banda 4
M3	810,142847	889,027341	680,849655	628,181486
M4	812,743629	891,955398	683,659851	631,198578
M7	816,140434	896,970645	688,998211	637,070016
M8	816,640501	897,971325	690,899016	641,055786
MEDIA	813,916853	893,981177	686,101683	634,376466

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Comparando las muestras hormigón con arena de mar y arena volcánica entre sí, se puede concluir que existe una diferencia en la radiancia media para la Banda 1, siendo

En cuanto al análisis principal del estudio, encontrar una diferencia en el comportamiento espectral del hormigón según sus elementos constitutivos, como es el uso de arena de diferentes fuentes, se puede concluir que existe una diferencia mínima en cuanto a los valores espectrales de la banda 1 (Tabla 26), donde para las muestras con arena de mar se tiene una media de 805,34 con una desviación estándar de 5,34 y para las muestras con arena volcánica se tiene una media de 813,91 con una desviación estándar de 3,05; lo cual indica que para las muestras con arena volcánica hay menor variación frente a la media, que las muestras con arena de mar que poseen una desviación casi duplicada. Esto también se refleja en la diferencia de valores máximos y mínimos, puesto que las muestras con arena de mar tienen una diferencia de 13,28 y para las muestras con arena volcánica la diferencia se reduce a 6,5.

Tabla 26. Análisis comparativo entre radiancia ($\text{W/m}^2 \text{ sr } \mu\text{m}$) de muestras con arena de mar y muestras con arena volcánica.

	Arena de Mar	Arena Volcánica
Media (Banda 1)	805,34	813,91
Desviación Estándar (Banda 1)	5,34	3,05
Valor Máximo (Banda 1)	809,15	816,64
Valor Mínimo (Banda 1)	795,87	810,14

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

5.2.PRUEBAS DE HIPÓTESIS

El análisis a realizarse busca relaciones estadísticas ente dos variables ordinales, esta relación afirma que las mediciones de una variable tienden a fluctuar de forma coherente con respecto a las mediciones de la otra, lo cual convierte a una de las variables en un predictor de la anterior (Ritchey, 2006).

Existen 3 enfoques para medir relaciones estadísticas, sobre lo cual en la presente disertación se trabajará con el enfoque de prueba de diferencia de medias para muestra

pequeña (<120), debido a que el número de muestras para el estudio es de 6, los criterios para la selección de esta prueba son los siguientes:

- Existen dos poblaciones o muestras.
- La estadística de prueba es t .
- Los dos grupos son independientes entre sí, en función de que las observaciones de las muestras se han obtenido de diferentes individuos u objetos.

Es así, que se realizaron Pruebas de Hipótesis t para muestras pequeñas independientes, con la finalidad de evaluar la confiabilidad de los resultados de respuestas espectrales en imágenes satelitales. Para ello partimos de las respuestas espectrales la banda 1, ya que posee valores similares de radiancia tanto en las muestras de hormigón realizadas en laboratorio y en la imagen satelital GF2, no siendo así en las demás bandas donde se puede observar distintos comportamientos espectrales.

Es importante señalar, que se considera el dato de radiancia obtenido a partir de las muestras de hormigón como dato oficial de radiancia del hormigón elaborado con arena de mar (804.8319307), sobre el cual se llevara a cabo la verificación de la hipótesis.

De tal manera, para la realización de las pruebas de hipótesis se partió de acuerdo al lugar de ubicación de las construcciones colapsadas (Mapa 10), de la siguiente manera:

- Muestras ubicadas al sur de pedernales (3 construcciones colapsadas)
- Muestras ubicadas al norte de pedernales (3 construcciones colapsadas)
- Todas las muestras (6 construcciones colapsadas)

Cabe recalcar que cada prueba de diferencia de medias siguió un proceso lógico de 6 pasos, a saber:

1. Simbolizar

Formular H_0 y H_A y estipular la dirección de la prueba (si es de una cola o dos colas).

2. Valor crítico

Declara el nivel de significación (α).

3. Regla de decisión

Compara la estadística de prueba con el valor crítico.

4. Estadístico de prueba

Es una fórmula para medir la posibilidad del efecto observado.

5. *Decisión de rechazo*

Compara el estadístico de prueba con la región crítica de la curva.

6. *Interpretación*

5.2.1. Construcciones ubicadas al sur de Pedernales

La radiancia promedio obtenida de las muestras de hormigón elaboradas en laboratorio con arena de mar en la banda 1 es de $804.8319307 \text{ W/m}^2 \text{ sr nm}$. Se seleccionó una muestra de 3 construcciones colapsadas por uso de arena de mar en el hormigón en la parte sur del casco urbano de Pedernales, encontrándose que la media de la muestra es de $804 \text{ W/m}^2 \text{ sr nm}$, con una desviación estándar de 6. ¿Se puede concluir con un nivel de confianza del 99% que la radiancia promedio de media de las muestras ubicadas al sur de Pedernales, tomadas en la imagen, no difiere a la media determinada en el laboratorio?

- *Planteamiento de la hipótesis*

Hipótesis Nula: La media de las muestras ubicadas al sur de Pedernales, tomadas en la imagen, NO es diferente a la media determinada en el laboratorio.

Hipótesis alternativa: La media de las muestras ubicadas al sur de Pedernales, tomadas en la imagen, SI es diferente a la media determinada en el laboratorio.

- *Valor crítico*

$$\alpha = 0.01 \quad n < 121 \rightarrow t\alpha$$

$$gl = 3-1 = 2 \rightarrow t\alpha = 3.482$$

- *Regla de decisión*

Se establece que la zona de aceptación de la hipótesis nula se encuentra entre -3.482 a +3.482 siendo el valor obtenido de la tabla t Student.

- *Decisión*

Tabla 27. Prueba de hipótesis zona sur del casco urbano de Pedernales.

MUESTRAS	UBICACIÓN	DATOS		PRUEBA DE HIPÓTESIS	
MEDIA	SUR			NIVEL DE SIGNIFICANCIA	1%
X1	798	U=	803.476879		
X2	804	Alfa:	1%		
X3	810	Valores alfa:	6.964		0
X4		n=	3		
X5		Alfa 2 colas:	3.482		
X6		V o F		VALOR T	
X promedio	804				0.15
Desviación estándar	6				

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Se acepta la hipótesis nula. Con un nivel de confianza del 99% se concluye que la media de las muestras ubicadas al sur de Pedernales, tomadas en la imagen, NO es diferente a la media determinada en el laboratorio.

5.2.2. Construcciones ubicadas al norte de Pedernales

La radiancia promedio obtenida de las muestras de hormigón elaboradas en laboratorio con arena de mar en la banda 1 es de $804.8319307 \text{ W/m}^2 \text{ sr nm}$. Se seleccionó una muestra de 3 construcciones colapsadas por uso de arena de mar en el hormigón en la parte sur del casco urbano de Pedernales, encontrándose que la media de la muestra es de $803.6666667 \text{ W/m}^2 \text{ sr nm}$, con una desviación estándar de 7.094598885 . ¿Se puede concluir con un nivel de confianza del 99% que la radiancia promedio de media de las muestras ubicadas al norte de Pedernales, tomadas en la imagen, no difiere a la media determinada en el laboratorio?

- Planteamiento de la hipótesis

Hipótesis Nula: La media de las muestras ubicadas al norte de Pedernales, tomadas en la imagen, NO es diferente a la media determinada en el laboratorio.

Hipótesis alternativa: La media de las muestras ubicadas al norte de Pedernales, tomadas en la imagen, SI es diferente a la media determinada en el laboratorio.

- Valor crítico

$$\alpha = 0.01 \quad n < 121 \rightarrow t\alpha$$

$$gl = 3-1 = 2 \rightarrow t\alpha = 3.482$$

- Regla de decisión

Se establece que la zona de aceptación de la hipótesis nula se encuentra entre -3.482 a +3.482 siendo el valor obtenido de la tabla t Student.

- *Decisión*

Tabla 28. Prueba de hipótesis zona norte del casco urbano de Pedernales.

MUESTRAS	UBICACIÓN	DATOS		PRUEBA DE HIPÓTESIS	
MEDIA	NORTE			NIVEL DE SIGNIFICANCIA	1%
X1		U=	804.831931		0
X2		Alfa:	1%	5%	
X3		Valores alfa:	6.964	2.92	
X4	810	n=	3		
X5	805	Alfa 2 colas:	3.482	1.46	
X6	796	V o F			
X promedio	803.6666667				-0.28448353
Desviación estándar	7.094598885				

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Se acepta la hipótesis nula. Con un nivel de confianza del 99% se concluye que la media de las muestras ubicadas al norte de Pedernales, tomadas en la imagen, NO es diferente a la media determinada en el laboratorio.

5.2.3. Construcciones ubicadas en el casco urbano de Pedernales

La radiancia promedio obtenida de las muestras de hormigón elaboradas en laboratorio con arena de mar en la banda 1 es de 804.8319307 W/m² sr nm. Se seleccionó una muestra de 6 construcciones colapsadas por uso de arena de mar en el hormigón en el casco urbano de Pedernales, encontrándose que la media de la muestra es de 803.8333333 W/m² sr nm, con una desviación estándar de 5.879342367. ¿Se puede concluir con un nivel de confianza del 99% que la radiancia promedio de media de las muestras ubicadas en Pedernales, tomadas en la imagen, no difiere a la media determinada en el laboratorio?

- *Planteamiento de la hipótesis*

Hipótesis Nula: La media de las muestras ubicadas en el casco urbano de Pedernales, tomadas en la imagen, NO es diferente a la media determinada en el laboratorio.

Hipótesis alternativa: La media de las muestras ubicadas en el casco urbano de Pedernales, tomadas en la imagen, SI es diferente a la media determinada en el laboratorio.

- *Valor crítico*

$$\alpha = 0.01 \quad n < 121 \rightarrow t\alpha$$

$$gl = 6-1 = 5 \rightarrow t\alpha = 3.482$$

- *Regla de decisión*

Se establece que la zona de aceptación de la hipótesis nula se encuentra entre -3.482 a +3.482 siendo el valor obtenido de la tabla t Student.

- *Decisión*

Tabla 29. Prueba de hipótesis del casco urbano de Pedernales.

MUESTRAS	UBICACIÓN	DATOS		PRUEBA DE HIPÓTESIS	
MEDIA	NORTE			NIVEL DE SIGNIFICANCIA	1%
X1	798	U=	804.831931		0
X2	804	Alfa:	1%	5%	
X3	810	Valores alfa:	3.3649	2.015	
X4	810	n=	6		
X5	805	Alfa 2 colas:	1.68245	1.0075	
X6	796	V o F			
X promedio	803.833333				-0.41604212
Desviación estándar	5.87934237				

Elaborado por: Cristian Dávalos y Paul Morán

Se acepta la hipótesis nula. Con un nivel de confianza del 99% se concluye que la media de las muestras ubicadas en el casco urbano de Pedernales, tomadas en la imagen, NO es diferente a la media determinada en el laboratorio.

CONCLUSIONES

- La caracterización biofísica y socioeconómica de la parroquia Pedernales, se concluyó que el territorio está expuesto a varias amenazas, tanto naturales (geológicas e hidrometeorológicas) como antrópicas, siendo para el caso del estudio las amenazas de tipo geológico sísmicas de gran importancia en el sector, debido a la alta probabilidad de ocurrencia en la zona y a características intrínsecas, como ubicación geográfica, pobreza, falta de servicios básicos, falta de cultura de preparación frente a desastres de la zona, que convierten al territorio y a la población especialmente vulnerable a desastres de este tipo.

De igual forma, se evidenció una falta de planificación urbanística adecuada, ya que el casco urbano de la parroquia Pedernales se encuentra sobre terrenos inestables, por lo que se considera necesario disminuir los elementos expuestos, como son construcciones de hormigón que usan arena de mar, y aumentar la capacidad de respuesta de la población frente a desastres de origen geológico sísmico.

- Las encuestas realizadas en la zona urbana de Pedernales, se determinaron los principales materiales de construcción de edificaciones, los mismos que son cemento SelvAlegre y Holcim, Aditivos PlastoCrete. De igual forma, se descubrió que antes del terremoto la arena usada en construcción provenía principalmente de las playas más cercanas como son Cojimíes, Coaque y Las Palmas, y de la zona de Santo Domingo provincia Santo Domingo de los Tsáchilas.

Por otro lado, mediante la información proporcionada por el GAD de Pedernales sobre las construcciones colapsadas por el sismo del 16 de Abril del 2016, se determinaron 6 construcciones que cumplían con los parámetros requeridos para el estudio (haber colapsado por el terremoto del 16 de Abril del 2016, conocer que fueron construidas con arena de mar y poseer losa descubierta).

Por medio del procesamiento e interpretación de la imagen “GF2_PMS1_W80.1_N0.0_20160419_L1A0001535139-MSS1 del satélite Gaofen-2, se obtuvo la variabilidad del comportamiento espectral en diferentes bandas en cada muestra. De igual forma, se obtuvo el valor de radiancia de las muestras e laboratorio, estableciendo un promedio de radiancia de 804.8319307 W/m² sr μm del hormigón elaborado con arena de mar. Comparando los resultados se establece, que el comportamiento en la Banda 1 posee una conducta

similar en los 2 gráficos de radiancia (ensayos de laboratorio y en imagen satelital), por lo que el análisis de correlación se realizó en base a la banda 1 ya que es la banda en la que se puede analizar su relación.

Además, se concluyó que las bandas 2, 3 y 4, no poseen relación alguna en sus respuestas espectrales, esto puede ser debido a objetos que distorsionan la respuesta espectral tomando en cuenta que las losas de hormigón suelen ser terrazas y las cuales se les puede dar diferentes usos así como también la resolución espacial influye siendo de 3.28m que debería haber de área "limpia" para la toma de la muestra.

- El análisis estadístico mostro que, de prueba de hipótesis t de diferencia de medias para muestra pequeña (<120) de muestras independientes, con la finalidad de evaluar la confiabilidad de los resultados de respuestas espectrales en imágenes satelitales. Para ello se basó en las respuestas espectrales la banda 1, ya que posee valores similares de radiancia tanto en las muestras de hormigón realizadas en laboratorio y en la imagen satelital GF2, no siendo así en las demás bandas donde se puede observar distintos comportamientos espectrales. Además, se consideró como dato oficial de radiancia el obtenido a partir de las muestras de hormigón elaborado con arena de mar (804.8319307).

Es así, que se llevó a cabo la verificación de la hipótesis, por medio de la realización de 3 pruebas (construcciones ubicadas al sur de Pedernales, construcciones ubicadas al norte de Pedernales y todas las construcciones), teniendo los siguientes resultados:

- La banda 1 del Sensor Gaofen-2 refleja un comportamiento espectral igual al obtenido con el espectroradiómetro con una confianza del 99%.
- No existe influencia en el comportamiento espectral con la ubicación de las muestras de la imagen.
- El hormigón fabricado con arena de mar posee un comportamiento espectral distinto al hormigón fabricado con arena de origen volcánico, lo cual es un gran aporte par identificación insitu posterior
- La variable del uso de acelerantes no presentan cambios en el comportamiento espectral en el hormigón fraguado.

Gran parte del estudio no habría sido posible sin el apoyo del Instituto Espacial Ecuatoriano, mediante la dirección de investigación se pudo hacer uso del espectro-radiómetro para la medición de las respuestas espectrales del hormigón, además de las imágenes satelitales Gaofen que resultaron un insumo de gran importancia. Por otro lado cabe mencionar el apoyo brindado y la información provista por el Municipio de Pedernales durante la visita de campo.

Sin duda el aporte que el espectro-radiómetro dio a la tesis, fue tener la posibilidad de realizar muestras según características y materiales locales, para luego medir su comportamiento espectral en laboratorio bajo condiciones controladas y poder definir diferencias según las variables utilizadas para las mezclas.

RECOMENDACIONES

- A la Escuela de Geografía se le recomienda reforzar el conocimiento en análisis y uso de herramientas de teledetección ya que en conocimiento hubo una deficiencia que tuvo que ser solventada de forma individual por el equipo de trabajo.
- Se recomienda profundizar la presente disertación por medio de una aplicación complementaria, que permita identificar directamente las características de los materiales de construcción de determinadas edificaciones a través de su respuesta espectral

BIBLIOGRAFÍA

- ANFAH. (s.f.). *Terminología*. Recuperado el 2 de Nov de 2016, de http://www.concretonline.com/index.php?option=com_content&view=article&id=870:aditivos-definicion-y-clasificacion&catid=46:articulos&Itemid=36
- ASDI. (s.f.). *FieldSpec 4 high resolution spectroradiometer*. Recuperado el 25 de Feb de 2017, de <https://www.asdi.com/products-and-services/fieldspec-spectroradiometers/fieldspec-4-hi-res>
- BBC MUNDO. (23 de Abr de 2016). *El secreto de los edificios que no se cayeron durante el terremoto de Ecuador*. Recuperado el 11 de Nov de 2016, de http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160422_ecuador_terremoto_problemas_construcciones_arquitectura_ab
- CENAPRED. (2007). Sismos. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*, 36.
- Chunga, K., Martillo, C., Pazmiño, N., Quiñonez, M. F., & Huaman, F. (s.f.). *Estimación de máximos niveles de sismicidad para el Litoral Ecuatoriano a través de la integración de datos geológicos y sismotectónicos*. Recuperado el 03 de Ene de 2017, de <http://www.ipgh.gob.ec/portal/images/imagenes/noticias/pdfs/Estimaci%C3%B3n%20de%20m%C3%A1ximos%20niveles%20de%20sismicidad.pdf>
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Madrid: Ediciones RIALP, S.A.
- Climate-Data. (2017). *Clima: Pedernales*. Recuperado el 20 de 03 de 2017, de <https://es.climate-data.org/location/25438/>
- Correa, C., Hinojosa, D., & Taipe, M. (Ago de 2004). *SISMICIDAD HISTÓRICA DEL ECUADOR CALCULO DE ACELERACIONES MÁXIMAS, ENERGÍA ÍSICA LLIBERADA Y ESTIMACIÓN DE PELIGRO SÍSMICO*. Recuperado el 23 de Dic de 2016, de <https://es.scribd.com/document/73346313/SISMICIDAD-HISTORICA-DEL-ECUADOR-PDF-COMPLETO>
- Cruz, M., Acosta, M., & Vásquez, N. (2005). *RIESGOS POR TSUNAMI EN LA COSTA ECUATORIANA*. Obtenido de <http://www.ipgh.gob.ec/documentos/recursos/Riesgos%20Tsunami%20Costa%20ecuatoriana.pdf>
- D'Ercole, R., & Trujillo, M. (Mayo de 2003). *AMENAZAS, VULNERABILIDAD, CAPACIDADES Y RIESGO EN E LECUADOR. Los desastres, un reto para el desarrollo*. Recuperado el 12 de Nov de 2016, de http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-03/010032419.pdf
- Disensa. (2017). *Disensa*. Recuperado el 30 de Marzo de 2017, de <http://www.disensa.com/plastocrete-161-he-4-kg/p>

- Egred, J. (1975). Breve historia de los principales terremotos ecuatorianos. *Revista Geofísica*, 21-36.
- EO. (s.f.). *GF-2 (Gaofen-2) High-resolution Imaging Satellite / CHEOS series of China*. Recuperado el 11 de Ene de 2017, de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/g/gaofen-2>
- FAO. (2009). Análisis de Sistemas de Gestión de Riesgos de Desastres. *Serie sobre el Medio Ambiente y la Gestión de los Recursos Naturales*, 116.
- Farreras, S., Domínguez, R., & Gutiérrez, C. (2005). Tsunamis. *Centro Nacional de Prevención de Desastres*, 44.
- GAD Pedernales. (2014). *Diagnóstico Estratégico del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Pedernales 2014*. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&ved=0ahUKEwikIMPG_4rTAhUEZCYKHf-cDS8QFggsMAQ&url=http%3A%2F%2Fsimce.ambiente.gob.ec%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fdocumentos%2Fgeovanna%2FPlanes%2520de%2520ordenamiento%2520de%2520Municipios
- GAD Pedernales. (2015). *Diagnóstico Cojimíes 2015 - 2021*. Obtenido de https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwikIMPG_4rTAhUEZCYKHf-cDS8QFggfMAE&url=http%3A%2F%2Fapp.sni.gob.ec%2Fsni-link%2Fsni%2FPORTAL_SNI%2Fdata_sigad_plus%2Fsigadplusdocumentofinal%2F1360027830001_DOCUMENTO%2520FINAL%2
- GAD, P. (2012). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del canton Pedernales. Pedernales, Ecuador.
- García, E. A. (s.f.). *El Positivismo*. Recuperado el 17 de Nov de 2016, de [http://inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADa%20UCR/ACTAS%20CONGRESO%20DE%20FILOSOFIA/\(10\)%20historia%20de%20la%20filosofia/el%20positivismo.pdf](http://inif.ucr.ac.cr/recursos/docs/Revista%20de%20Filosof%C3%ADa%20UCR/ACTAS%20CONGRESO%20DE%20FILOSOFIA/(10)%20historia%20de%20la%20filosofia/el%20positivismo.pdf)
- Gutiérrez, L. (2013). *EL CONCRETO Y OTROS MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales.
- IG-EPN. (Febrero de 2017). Estimación de las frecuencias de resonancia de los suelos en varias ciudades de la provincia de Manabí con medidas de ruido del ambiente. Quito.
- INEC - REDATAM. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. Recuperado el 13 de Ene de 2016, de <http://redatam.inec.gob.ec/cgi-bin/RpWebEngine.exe/PortalAction>
- Institute of Remote Sensing and Digital Earth Chinese Academy of Sciences. (9 de Sep de 2015). *China Integrated Earth Observation System (2016-2025)*. Recuperado el 15 de Ene de 2017, de http://www.sasmac.cn/AP-GEOSS8/PDFversion/DAY1/Keynotespeech_CHINA%20GEOSS%202025%20-%20%E4%BA%9A%E5%A4%A7%E5%9C%B0%E5%8C%BAGEO%E4%BC%

9A%E8%AE%AE%E5%8F%91%E8%A8%80%E6%8A%A5%E5%91%8A%2020150909.pdf

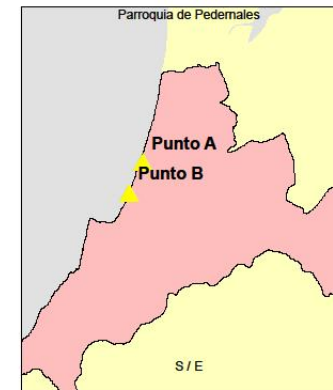
- IRIS. (s.f.). *Magnitud 7.8 ZONA COSTERA ECUADOR Sábado, 16 de Abril, 2016 a las 23:58:37 UTC*. Recuperado el 15 de Nov de 2016, de https://www.iris.edu/hq/files/programs/education_and_outreach/retm/tm_160416_ecuador/160416ecuador_es.pdf
- Jaramillo, S. (2016). Amenazas Naturales. *Gestión de Riesgos*. Quito, Ecuador: PUCE.
- Llinares, M. d., Ortiz, R., & Marrero, J. M. (2004). Riesgo Volcánico. *Dirección Genral de Protección Civil y Emergencias*, 103.
- Michael S. Mamlouk, J. P. (2009). *MATERIALES PARA LA INGENIERIA CIVIL* (Segunda ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- OMS. (23 de May de 2011). *Fuentes de información*. Recuperado el 12 de Dic de 2106, de http://bvvsper.paho.org/videosdigitales/matedu/cam2011/Fuentes_informacion.pdf?ua=1
- Ortiz, C. (2013). Sismotectónica y Peligrosidad Sísmica en el Ecuador. *Geología Ambiental y Recursos Geológicos*, 52.
- Pérez, C., & Muñoz, Á. (2009). *Teledetección Nociones y Aplicaciones*. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- PNUMA. (2008). *GeoEcuador. Capítulo 6. Desastres Naturales*. Recuperado el 12 de Dic de 2016, de <http://www.pnuma.org/deat1/pdf/Ecuador%20pdf/08.%20Capitulo%206.%20Desastres%20naturales.pdf>
- Ritchey, F. J. (2006). *Estadística para las Ciencias Sociales*. México D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- Rivadeneira, F., Segovia, M., Alvarado, A., Egred, J., Troncoso, L., Vaca, S., & Yepes, H. (2007). *Breves fundamentos de terremotos en el Ecuador*. Quito: CORPORACIÓN EDITORA NACIONAL. Obtenido de <http://www.igepn.edu.ec/publicaciones-para-la-comunidad/35-breves-fundamentos-sobre-los-terremotos-en-el-ecuador/file>
- SENPLADES. (2016). *Evaluación de los Cosos de Reconstrucción. Sismo en Ecuador, abril 2016*. Recuperado el 12 de Feb de 2017, de <http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/Evaluacio%CC%81n-de-los-Costos-de-Reconstruccio%CC%81n-Resumen-Ejecutivo.pdf>
- Servicio Geológico Colombiano. (Abr de 2016). *INFORME DEL SISMO DEL 16 DE ABRIL DE 2016 EN PEDERNALES, ECUADOR, SENTIDO AMPLIAMENTE EN EL TERRITORIO COLOMBIANO. Aspectos Sismológicos Y Movimiento Fuerte*. Recuperado el 15 de Nov de 2016, de <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/Comunicados/InfoSismoEcuador2016.pdf>

- SHOAC. (2002). Tsunamis, Las Grandes Olas. *Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile*, 20.
- Sika. (s.f.). *HOJA TÉCNICA DE PRODUCTO Plastocrete DM*. Recuperado el 12 de Enero de 2017, de <https://ecu.sika.com/dms/getdocument.get/33b52287.../Plastocrete-DM-PDS.pdf>
- SLD, R. d. (2015). Desastres Naturales. *Urgencia*, 14.
- Teledetección en Geografía. (1986). En R. Nuñez de las Cuevas, *Geografía teórica y cuantitativa. conceptos y métodos* (págs. 127-146). Oviedo: Universidad de Oviedo.
- UNAM. (s.f.). *Seminario de Estadística Hipótesis*. Obtenido de http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/hipotesis.pdf
- UNED. (s.f.). *Historia de la Teledetección*. Recuperado el 16 de Dic de 2016, de <http://ocw.innova.uned.es/ocwuniversia/tecnologias-del-medio-ambiente/curso-basico-de-teledeteccion/curso/material/historia-de-la-teledeteccion.pdf>
- UNIOVI. (2009). *Materiales de Construcción Áridos. 2009.2010*. Recuperado el 20 de 11 de 2016, de <http://www6.uniovi.es/usr/fblanco/Tema3.MaterialesCONSTRUCCION.ARIDOS.2009.2010.2P.pdf>
- UNISDR. (2008). Gestión de Riesgo de Desastre. *Protección de Infraestructura*, 6.
- UNISDR. (2009). *Terminología sobre Reducción de Riesgo*. Recuperado el 02 de Nov de 2016, de http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologySpanish.pdf
- UNISDR. (s.f.). *EIRD Ecuador: Diagnóstico país*. Recuperado el 22 de Nov de 2016, de http://www.eird.org/wiki/images/Diagn%C3%B3sticoPa%C3%ADsEcuador_enero09_V3.pdf
- Vidal, F. (2005). Los Terremotos y sus causas. *Instituto Andaluz de Geofísica y Prevención de Desastres Sísmicos*, 24.
- Zuñiga, R. (2011). Notas Introductorias, Sismología. *Centro de Geociencias*, 36.

ANEXOS

I. Mapas

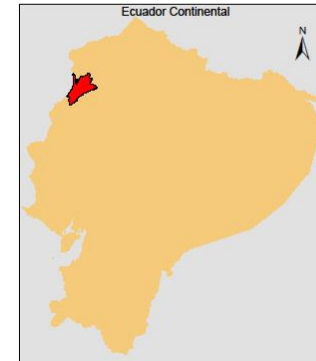
Mapa de Ubicación de Zonas de Recolección de Arena



Las zonas identificadas en donde se tomaron las muestras de arena de mar, fueron indicadas por funcionarios del Municipio como lugares no reconocidos de provisión de arena, que sin embargo son muy frecuentados por el sector constructor local.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS CARRERA DE GEOGRAFIA Y MEDIO AMBIENTE			
Tema MAPA DE UBICACIÓN DE ZONAS DE RECOLECCIÓN DE ARENA			
Escala S / E	Autores: Cristian Dávalos y Paul Morán.		Fuente SIN, GAD y visita de campo 2005 y 2016
Datum horizontal WGS84	Zona 175	Mapa # 5	Revisado por: Ing. Patricio Solís Chacón.
Fecha 01/2017			

Mapa de Ubicación de Edificaciones Analizadas



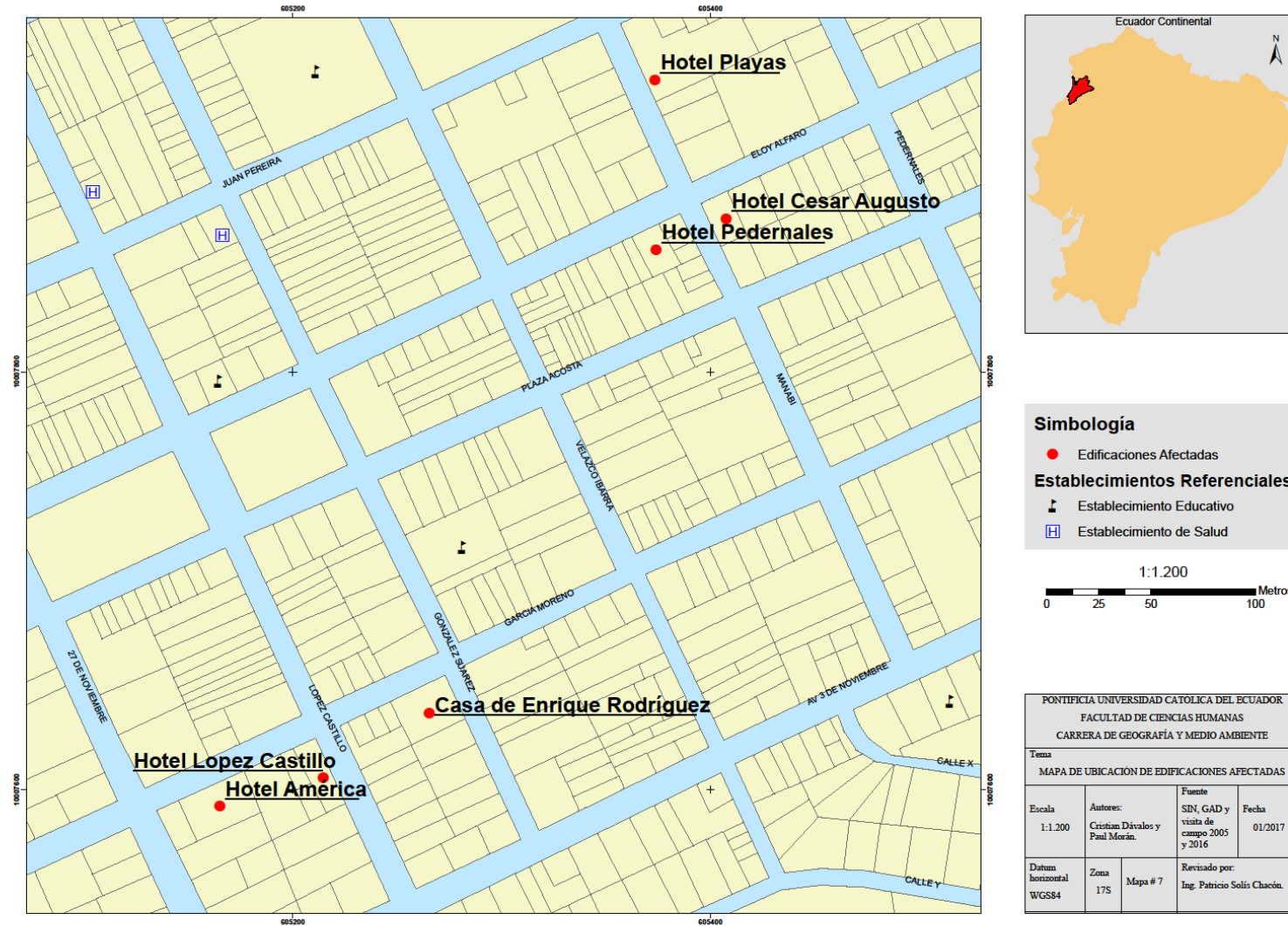
Estas edificaciones fueron seleccionadas en base a información proporcionada por funcionarios del Municipio de Pedernales durante la visita de campo. Se tomaron en cuenta características específicas que cumplan cada edificación para el estudio como:

- Loza de hormigón descubierta
- Empleo de Arena de Mar en la construcción.
- Edificaciones afectadas por el sismo de abril.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR			
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS			
CARRERA DE GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE			
Tema			
MAPA DE UBICACIÓN DE EDIFICACIONES AFECTADAS			
Escala	Autores:	Fuente	
		SIN, GAD y visita de campo 2005 y 2016	Fecha
1:1.200	Cristian Dávalos y Paul Morán.		01/2017
Datum horizontal	Zona	Revisado por:	
		Ing. Patricio Solís Chacón.	
WGS84	17S	Mapa # 6	

Mapa de Ubicación de Edificaciones Analizadas



II. Fotografías



Imagen 15. Armado del espectroradiómetro



Imagen 16. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)



Imagen 17. Toma de datos de reflectancia (2017-01-10)

III. Metadato imagen GF2_PMS1_W80.1_N0.0_20160419_L1A0001535139-MSS1

```
<?xmlversion="1.0" encoding="UTF-8"?>
<SatelliteID>GF2</SatelliteID>
<SensorID>PMS1</SensorID>
<ReceiveTime>2016-04-19 16:01:17</ReceiveTime>
<OrbitID>9021</OrbitID>
<ProduceType>STANDARD</ProduceType>
<SceneID>2323850</SceneID>
<ProductID>1535139</ProductID>
<ProductLevel>LEVEL1A</ProductLevel>
<ProductQuality/>
<ProductQualityReport/>
<ProductFormat>GEOTIFF</ProductFormat>
<ProduceTime>2016-04-20 03:13:03</ProduceTime>
<Bands>1,2,3,4</Bands>
<ScenePath>530</ScenePath>
<SceneRow>249</SceneRow>
<SatPath>530</SatPath>
<SatRow>250</SatRow>
<SceneCount>1</SceneCount>
<SceneShift>1</SceneShift>
<StartTime>2016-04-20 00:01:16</StartTime>
<EndTime>2016-04-20 00:01:19</EndTime>
<CenterTime>2016-04-20 00:01:17</CenterTime>
<ImageGSD>3.24</ImageGSD>
<WidthInPixels>7300</WidthInPixels>
<HeightInPixels>6908</HeightInPixels>
<WidthInMeters/>
<HeightInMeters/>
<CloudPercent>5</CloudPercent>
<QualityInfo/>
<PixelBits/>
<ValidPixelBits/>
<RollViewingAngle>0</RollViewingAngle>
<PitchViewingAngle>0</PitchViewingAngle>

<RollSatelliteAngle>-11.3043</RollSatelliteAngle>
<PitchSatelliteAngle>0.000820467</PitchSatelliteAngle>
<YawSatelliteAngle>3.74435</YawSatelliteAngle>
<SolarAzimuth>58.8407</SolarAzimuth>
<SolarZenith>22.5598</SolarZenith>
<SatelliteAzimuth>95.9506</SatelliteAzimuth>
<SatelliteZenith>76.0708</SatelliteZenith>
<GainMode>G2,G1,G1,G2</GainMode>
<IntegrationTime>0.000477726</IntegrationTime>
<IntegrationLevel>S5,S4,S5,S3</IntegrationLevel>
<MapProjection/>
<EarthEllipsoid>WGS84</EarthEllipsoid>
```

<ZoneNo/>
<ResamplingKernel/>
<HeightMode/>
<MtfCorrection>LAB</MtfCorrection>
<RelativeCorrectionData/>
<TopLeftLatitude>0.15431</TopLeftLatitude>
<TopLeftLongitude>-80.2426</TopLeftLongitude>
<TopRightLatitude>0.109902</TopRightLatitude>
<TopRightLongitude>-80.0256</TopRightLongitude>
<BottomRightLatitude>-0.101444</BottomRightLatitude>
<BottomRightLongitude>-80.0694</BottomRightLongitude>
<BottomLeftLatitude>-0.0570152</BottomLeftLatitude>
<BottomLeftLongitude>-80.2864</BottomLeftLongitude>
<TopLeftMapX/>
<TopLeftMapY/>
<TopRightMapX/>
<TopRightMapY/>
<BottomRightMapX/>
<BottomRightMapY/>
<BottomLeftMapX/>
<BottomLeftMapY/>
</ProductMetaData>

IV. Modelo de Encuesta



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
ESCUELA DE GEOGRAFÍA
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS
ENCUESTA PARA LA REALIZACIÓN DE TESIS DE PREGRADO**

Lugar y fecha: _____

Nombre del encargado de la ferretería: _____

- 1. ¿En la ferretería donde trabaja, cuáles son las 3 marcas de cemento más vendidas?**

- 2. ¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes?**

- 3. ¿En la ferretería donde trabaja, cuáles son los aditivos de construcción más vendidos?**


- 4. ¿De qué zonas proviene la arena que se usa en la construcción en Pedernales?**

V. Encuestas escaneadas

a.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: Pedernales 2016/09/21

Nombre del encuestado: LADY ALEICA Firma: 

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? SEIVA ALEGRE

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? 2000

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos: _____

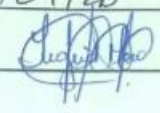
Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: _____

605759,454
8002,263 m.
MEGA COOLSA.

b.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: Pedernales 2016/09/26

Nombre del encuestado: FERNANDA TIERO Firma: 

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? SENA ALEGRE HOLTA

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? 7900 APROX → SENA ALEGRE .

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos: ACELERANTE SIRA .

Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: _____

OXIMAR .
0,010 43037
-80 10 494 8338.

c.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: Pedernales 2016/07/21

Nombre del encuestado: SARA NATA Firma: [Firma]

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? SEIVA ALEGRE

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? 600 / 22 días APROX.

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos: — 0 —

Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: PEDERNALES, CENTRO DE COSMÍES.

3/1 — cemento / ENLUCIDO
6 arena


2 AR. / 2 ripio / 1 cemento.
depende de lo q' se va a hacer.

0.073 98 218
- 80. 03429468

d.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: Pedernales 2016/09/21

Nombre del encuestado: KAROLINA OLIVERA Firma: 

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? SEIWA ALCORE

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? 660 x 4

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos: _____

Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: Cercano de los potreros / Arena de Santo.

60 4972.143 m Adquisición de arena playa.

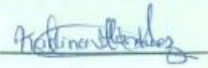
7 987.658 permiso municipal.

Almacenes Zúñiga.

e.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: PEDERNATES - 2016/09/21

Nombre del encuestado: KARINA MARTINEZ Firma: 

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? HOLCIM.

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? NOVA - 640 x d/s.

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos: Sika.

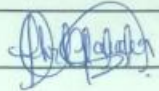
Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: _____

0070 073781
- 80.05062059.

f.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: PEREGRINERES. 2016/09/21

Nombre del encuestado: FOR GARCIA Firma: 

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? CERENTO FUERTE. HOLCIM

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? 11117 SACOS AGOSTO. 2016 6580 ENERO. 2016

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos: ACERANTE
ASTO CRETE 161 HB/OM. PAS

Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: COAQUE / LAS PAJITAS

IAT. 0.07038 289
LONG. -80.0526 3773 .
OXIMETAL

g.

ENCUESTA PARA DISERTACIÓN DE GRADO

Lugar y fecha: P. 2016/09/21

Nombre del encuestado: Jandrayo Firma: Jandrayo

¿Qué marcas de cemento son las mas vendidas? ROCAFORTE HOLCIM

¿Cuántos quintales de cemento se venden al mes (de cada marca)? 1200. APPROX.

Cuales son los aditivos de construcción más vendidos:

Al construir de que zonas proviene la arena que se usa en la construcción: DE CUALQUIER LUGAR

NETALCONS
0107176147
-80.04463702.